ISSN 00224847

台灣農業研究

第五十五卷　　第四期

研究報告

優良農業操作之肥培管理對苧麻根產量及有效成分含量之影響
胡敏夫、陳琦玲、李豔琪、謝廷芳、朱戩良、余志儒 213

抗輪點病毒(PRSV)基因轉殖木瓜對環境中昆蟲及蟎類影響之評估
林鳳琪、李啟陽、王清玲、劉邦基、林俊義 222

破布子脫粒篩選機之研製
陸龍虎、蔡致榮、徐武煥、梁連勝、王怡玎 234

梅種原評估及其親緣關係研究
溫英杰、張靜誼、蕭婉婷 250

稉型糯稻新品種-台農糯73號的育成
賴明信、李長沛、曾清山、顏信沐、陳治官 263

台灣水稻田溫室氣體排放之估算研究
姚銘輝、陳守泓、陳述 280

第55卷總目錄 295

第55卷索引 299

中華民國九十五年十二月

行政院農業委員會農業試驗所出版

中華民國 臺灣 臺中縣 霧峰鄉

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 55(4):213~221(2006)

優良農業操作之肥培管理對苧麻根產量及有效成分含量之影響[1]

胡敏夫[2] 陳琦玲[3] 李豔琪[3] 謝廷芳[4,6] 朱戩良[3] 余志儒[5]

摘　要

胡敏夫、陳琦玲、李豔琪、謝廷芳、朱戩良、余志儒。2006。優良農業操作之肥培管理對苧麻根產量及有效成分含量之影響。台灣農業研究 55:213~221。

本試驗以每公頃施用 (A) 雞糞堆肥 7,500 kg、(B) 含木黴菌雞糞之生物性堆肥 7,500 kg、(C) 化學肥料 (N 80 kg，P_2O_5 20 kg，K_2O 120 kg)、(D) AR3-2S 土壤添加物 2,400 kg (N 3.9 %，P_2O_5 2.23 %，K_2O 1.71 %) 及無肥對照區 (CK) 等五種處理參試，所用資材、土壤及水質的重金屬均控制在標準值之下，進行有機與化學肥料對苧麻根產量的影響，結果發現平均每公頃苧麻根之鮮重及乾重分別為 A 處理 14,389 kg 及 5,568.5 kg；D 處理 16,486 kg 及 6,871 kg；C 處理 11,375 kg 及 4,449.8 kg；而 B 及 CK 處理均較低，分別各為 10,056 kg 及 4,082.7 kg 與 8,597 kg 及 3,430.2 kg，但經綜合變方分析結果顯示，處理間均未達 5%顯著差異水準。分析各處理苧麻根之總三萜及總酚類含量變化發現，總三萜含量以 A 處理之雞糞堆肥區的 0.38%最高，其次為 B 處理之木黴菌堆肥區 0.237%次之，分別對其餘三處理達 5%顯著差異水準；總酚類含量以不施肥區(對照組)為 0.148%最高，含量稍高於施用含木黴菌生物性堆肥區（B 處理）及雞糞堆肥區（B 處理），且顯著高於 C 及 D 處理，達 5%顯著差異水準。

關鍵詞：苧麻、總三萜類、多酚類、土壤添加物、木黴菌、優良農業操作。

前　言

苧麻為蕁麻科 (Urticaceae) *Boehmeria* 屬植物，屬內之品種可分為白葉種與綠葉種，又因分佈地區不同，以栽培地或原生地命名之品種計有五十餘種 (台灣農家要覽 1980) 。山苧麻 (*Boehmeria frutescens* Thunberg.) 俗稱山苧仔，原生於台灣各處中低海拔山區，為一般採藥者挖掘入藥材料。據 Chiu (1995) 報告，其根具有清血、止血、散瘀消腫、解熱利尿、平肝安胎之效，但施行人工大量栽培時，常因雨季造成土壤潮濕而易於感染白絹病 (*Sclerotium rolfsii* Sacc.引起)，加上植體成分未明，以致於進行大規模經濟生產受阻；白葉種苧麻通常被認為其藥效比綠葉種佳，且經證實其全

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2269 號。接受日期：2006 年 9 月 25 日。
2. 本所農藝組副研究員。臺灣 臺中縣 霧峰鄉。
3. 本所農化組副研究員、助理研究員、助理研究員。臺灣 臺中縣 霧峰鄉。
4. 本所花卉中心研究員兼主任。臺灣 雲林縣 古坑鄉。
5. 本所應用動物組助理研究員。
6. 通訊作者，電子郵件：tfhsieh@wufeng.tari.gov.tw；傳真機：(05)5820835。

草及種子含有氫氰酸 (hydrocyanic acid) 、無色矢車菊素 (leucocyanidin) ，根含酚類 (phenol) 、三萜類 (triterpenes) 、綠原酸 (chlorogenic acid) ，葉含黃酮類 (flavonoids) 等。本所先前以菲律賓白葉苧麻 (*B. nivesa* (Linn.) Gaudin) 之根作爲養肝 1 號複方組成材料，經對大鼠進行藥理試驗發現，以口服 300 mg/kg 劑量有顯著保肝效果 (Hu 2004) ，據此，希望建立符合優良農業操作 (good agricultural practices，簡稱 GAP) 之肥培管理系統，生產優質安全之苧麻根，以供中草藥或生藥製備之用。

材料與方法

供試苧麻品種、栽培管理及調查分析

試驗品種爲菲律賓白葉苧麻 (*Boehmeria nivesa* (Linn.) Gaudin)。試驗處理分爲全區施用 (A) 雞糞堆肥，每公頃施用量 7,500 kg (N 1.28 %，P_2O_5 2.1 %，K_2O 1.35 %)、(B) 含木黴菌雞糞之生物性堆肥 7,500 kg (台中改良場技轉產品 N1.3 %，P_2O_5 1.4 %，K_2O1.0 %)、(C) 化學肥料 (N 80 kg，P_2O_5 20 kg，K_2O 120 kg)、(D) AR3-2S 土壤添加物 2,400 kg (N 3.9 %，P_2O_5 2.231 %，K_2O 1.71 %) (Hsieh 1999) 與無肥對照區 (CK) 等五處理。試驗設計採 RCBD，每處理 4 重複，行株距 60 × 60 cm，4 行區，每行種 10 株，小區面積爲 18 m^2。於 2005 年 4 月 25 日種植，植前之土壤取樣進行土質、肥料三要素成分及重金屬含量分析，分別於 6 月 3 日及 6 月 30 日各進行一次中耕除草、培土及施用追肥工作。並分別於植後 60、120 及 180 天調查其株高、葉數及分株數，生育期間採用非農藥防治法防治主要病蟲害，灌溉用水定期取樣分析水質之污染情形，採收時調查各處理之苧麻根鮮乾重量，之後將根莖切片烘乾並磨粉測定粗材料重金屬含量與分析總三萜類 (triterpenes) 及總多酚類含量。

土壤理化性質測定

土壤理化性質分析主要是依據美國農藝學會 (American Society of Agronomy) 所出版之土壤分析方法 (Klute,1986; Page,1982)。

土壤 pH 之測定(玻璃電極法)：秤取 20 g 經風乾磨碎過篩之土壤，置於 50 mL 燒杯中，加 20 mL 去離子水，充分攪拌後，放置 1 小時 (其間攪拌 2 次) 後，以 pH 計測定 pH 值。

土壤電導度之測定(電導計法)：秤取 20 g 經風乾磨碎過篩之土壤，置於 150 mL 紙杯中，加 100 mL 去離子水，充分攪拌後，放置 2 小時 (其間攪拌 2 次) 後過濾，濾液以電導度計測定 EC (電導度)。

土壤有機質測定(比色法)：秤取 1 g 經風乾磨碎之土壤，置於 125 mL 三角瓶中，加 10 mL 的 1N $K_2Cr_2O_7$，搖勻，加入 10 mL 的濃硫酸，搖勻，待冷，再加 80 mL 去離子水，搖勻，靜置，待溶液澄清後，取澄清液以 600 nm 波長之光電比色計進行比色。

土壤磷有效指數之測定(白雷氏第一法)：秤取 1 克經風乾磨碎之土壤，置於 50 mL 三角瓶中，加入 10 mL 抽出液 (0.25N HCl 和 1N NH_4F 之混合液)，置於震盪器中，震盪 40 秒，隨即過濾，濾液以 ICP (感應耦合電漿分析儀分析)進行分析。

土壤交換性陽離子之測定(修正醋酸銨法)：秤取 3 g 經風乾磨碎之土壤，置於 30 mL 塑膠瓶中，加入 30 mL 抽出液 (1N NH_4OAc 之混合液)，置於震盪器中，震盪 1 小時，過濾，濾液以 ICP 分析。

雞糞堆肥及收穫物之重金屬含量測定

雞糞堆肥及收穫物之重金屬 (Fe、Mn、Cu、Zn、Cd、Cr、Ni 及 Pb) 含量測定乃依據國家標準 CNS 之肥料檢驗法 (1982) 進行分析：取 4 g 雞糞堆置於坩鍋中，添加 5 mL 之 95%酒精 (含 2%H_2SO_4)，點火使其燃燒碳化，然後移至高溫灰化爐灰化 (溫度逐步加熱至 550℃，此溫度下持續 3 hrs，再逐步降溫)。灰化後之樣品冷卻後加入硝酸約 5 mL，在水浴槽上加熱分解，並繼續加熱將大部分酸液蒸發至幾近乾涸。冷卻後加入 25 mL 溫鹽酸加熱片刻使之溶解，冷卻後加水定量至 100 mL，混合後立即以乾燥濾紙過濾。以感應耦合電漿分析儀 (ICP) 分析濾液中之重金屬 (Fe、Mn、Cu、Zn、Cd、Cr、Ni 及 Pb) 含量。

灌溉水質重金屬含量之測定：依據 1998 年美國國民健康協會、美國水處理協會及水污染防治協會所編的「水與廢水檢測標準方法」進行分析 (Anonymous 1988)。

苧麻根總三萜類及多酚類之分析方法：參考日本建康食品營養協會 JHFA 公布之酸性氯仿可溶物定量法 (http//:www.JHFA.org.)，取苧麻根粉末 5 g，加入 50% (v/v)酒精 200 mL (酒精/水 (v/v)=100/100)，以水浴加熱至 70～80℃攪拌 20 min 後過濾，剩餘原料以 50%酒精清洗。上述步驟重複三次，合併三次濾液，減壓濃縮至 20 mL，再加入 100 mL 去離子水充分溶解後，倒入分液漏斗並添加氯仿 (50 mL/次) 萃取，每次搖晃 5 min 靜置待分層後，分別取上層液 (水層) 與下層液 (氯仿層)。下層液 (氯仿層) 以 5%碳酸氫鈉 (50 mL/次) 重複萃取 4 次，上層液 (水層) 以 2 N 之 HCL 調整 pH 至 3.5 時，再以 5%碳酸氫鈉 (50 mL/次) 重複萃取 5 次。最後合併兩種氯仿層，移至已知重量的茄形瓶中，濃縮至乾。隨即放置於乾燥箱內除濕，乾燥 24 hrs 後，以薄層色層分析法(Thin Layer Chromatography，TLC)及高效液相層析法(High Performance Liquid Chromatography，HPLC) 鑑定，最後根據美國化學協會 (America chemical association，ACS) 所訂之標準計算三萜類含量 (逆相 HPLC 檢驗時，以此爲標準品)。總多酚類分析方法乃依據 Taga 等 (1984) 及 Stao (1996) 等分析法將苧麻根粉末 3 g 加 300 g 水萃取，取萃取物調至一定濃度，取 0.1 mL 加入 2% Na_2CO_3，2 min 後加入 0.1 mL 50% Folin-Cocalteau reagent，混合均勻後於室溫下反應 30 min，測定 750 nm 吸光值，然後依據沒食子酸 (gallic acid) 之標準曲線計算總多酚類含量。

結　果

試地土壤之理化性質分析

試地土壤之理化性質分析結果如表 1 顯示，質地爲壤土，pH 值平均爲 7.18，有機質平均含量爲 1.23%，有效性磷平均含量爲 20.6 mg/kg、交換性鉀平均含量爲 66.8 mg/kg、交換性鈣平均含量爲 1148.1 mg/kg、交換性鎂平均含量爲 185.2 mg/kg 及電導度平均 0.068 dSm^{-1} 。

表 1. 試驗田區土壤之理化性質分析

Table 1. List of soil properties of the experimental field before crop cultivation

Soil depth (cm)	pH	O.M. (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	EC dSm^{-1}	Texture
0-15	7.20	1.32	26.2	72.4	1144.2	182.8	0.068	Loam
15-30	7.16	1.14	15.0	61.2	1152.0	187.6	0.068	Loam

試驗材質及灌溉水質重金屬含量分析

試驗所施用之雞糞堆肥經檢測，其重金屬如 Fe、Mn、Cu、Zn、Cd、Cr、Ni 及 Pb 等之含量均低於標準值，或甚至低至未有檢測值 (表 2)。灌溉水質檢測結果 (本年多雨僅灌溉 1 次) 發現，含 Fe 12.3 ppm (標準值 5 ppm) 及含 Al 9.2 ppm (標準值 5 ppm)均高於標準值、Cd 0.013 ppm (標準值 0.01 ppm) 與標準值相近外，其餘均低於標準值 (表 3)。

表 2. 雞糞堆肥重金屬及一般成分含量分析

Table 2. Analysis of the concentration of mineral elements and heavy metals in test chicken manure

Item	Tested value	Standard value	Item	Tested value	Standard value
Water content	33.5 %	—	Fe	3499 mg/kg	—
pH value	8.6 mg/kg	—	Mn	556 mg/kg	—
Organic matter	22 %	—	Cu	83.8 mg/kg	100 mg/kg
N	1.28 %	—	Zn	51.3 mg/kg	800 mg/kg
P_2O_5	2.10 %	—	Cd	0.74 mg/kg	5 mg/kg
K_2O	1.35 %	—	Cr	73.9 mg/kg	150 mg/kg
Mg	0.87 %	—	Ni	7.9 mg/kg	0.25 mg/kg
Na	0.30 %	—	Pb	—[z]	
Ca	21.20 %	—			

[z] — : Not deteced.

表 3. 灌溉水質重金屬含量分析

Table 3. Analysis of the concentration of heavy metals and mineral elements in the test irrigation water

Item	Tested value	Standard value	Item	Tested value	Standard value
pH value	7.82	6-9	Pb	0.014 ppm	0.1 ppm
EC value	347 μg / cm	750 μg / cm	As	0.012 ppm	0.1 ppm
NH_4-N	0.09 μg / ml	—	Al	9.2 ppm	5 ppm
NO_3-N	8.7 μg / ml	—	P	9.2 μg / mL	0.29 μg / mL
SO_4	84 μg / ml	200 μg / cm	S	23.9 μg / mL	—
Cl	4 μg / ml	175 μg / cm	Na	8.9 μg / mL	—
COD	21.71 ppm	—	K	5.8 μg / mL	—
Total N	2.07 μg / ml	10 μg / cm	Ca	43.6 μg / mL	—
Cu	0.016 ppm	0.2 ppm	Mg	12.5 μg / mL	—
Zn	0.049 ppm	2 ppm	Fe	12.3 μg / mL	5
Cd	0.013 ppm	0.01 ppm	Mn	0.17 μg / mL	0.2 μg / mL
Cr	0.011 ppm	0.1 ppm	B	0.025 μg / mL	0.7 μg / mL
Ni	0.013 ppm	0.2 ppm	SAR[y]	0.3 1	6

[z] — No data.

[y] $SAR = Na / \sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}$ (Na, Ca, Mg (meq/l))

表 4. 比較各處理對苧麻生育情形、苧麻根產量與主要成分含量之影響

Table 4. Effect of different treatments on growth of *Boehmeria nivesa* and the contents of triterpenes and phenolic compounds in the roots

Treatment	Plant height (cm)	Tillers (no.)	Fresh weight (g $pl.^{-1}$)	Fresh weight (kg ha^{-1})	Dry matter (%)	Dry weight (kg ha^{-1})	Triterpenes (%)	Phenolic compound (%)
A[z]	102.2 ab[y]	9.2 ab	518.0 a	14,389 a	38.70 a	5,568.5 a	0.380 a	0.105 abc
B	102.7 ab	10.7 ab	362.0 a	10,056 a	40.60 a	4,082.7 a	0.237 b	0.114 ab
C	104.9 ab	8.2 b	409.5 a	11,375 a	35.70 a	4,449.8 a	0.136 c	0.090 bc
D	135.3 a	14.7 a	593.5 a	16,486 a	41.68 a	6,871.4 a	0.102 c	0.070 c
CK	96.7 b	9.3 ab	309.5 a	8,597 a	39.90 a	3,430.2 a	0.150 c	0.148 a

[z] A: chicken manure at 7,500kg ha^{-1}; B: chicken manure with *Trichoderma* sp. at 7,500kg ha^{-1}; C: chemical fertilizer at the rate of $N:P_2O_5:K_2O$ = 80: 20: 120 kg ha^{-1}; D: soil amendment (AR3-2S) with chemical fertilizer ($N:P_2O_5:K_2O$ = 3.9: 2.23: 1.71) at 2,400 kg ha^{-1}; CK: not treated.

[y] Means in each column with the same letter are not significantly different at 5% level according to the Least Significant Difference Test.

各處理對苧麻產量影響

由調查數據（表 4）顯示，每公頃施用土壤添加物 2,400 kg (N 3.9 %，P_2O_5 2.231 %，K_2O 1.71 %)，苧麻於種植後 180 天生育期生長表現最佳，其平均株高達 135.3 cm，分株數為 14.7 株，分別與其他處理達 5%顯著性差異，其次分別為施用化學肥料區的 104.9 cm 及 8.2 株、含木黴菌雞糞之生物性堆肥區的 102.7 cm 及 10.7 株與雞糞堆肥區的 102.2 cm 及 9.2 株；平均每公頃苧麻根鮮、乾重以 D 處理最高，分別為 16,486 kg 及 6,871 cm (乾物率 41.68%)，次為 A 處理的 14,389 kg 及 5,568.5 kg (乾物率 38.7%)，C 處理的 11,375 kg 及 4,449.8 kg (乾物率 35.7%)，B 及 CK 處理之根鮮乾重量均較低，分別各為 10,056 kg 及 4,082.7 kg (乾物率 40.6%)、8,597 kg 及 3,430.2 kg (乾物率 39.9%)，但經綜合變方分析結果顯示處理間均未達 5%顯著性差異。

苧麻根重金屬含量、總三萜及總多酚類含量

苧麻根生產物之重金屬含量分析結果發現，Cr 平均值依各處理順序 A 處理區為 7.6 ppm 、B 處理區為 8.75 ppm、C 處理區為 8.56 ppm、D 處理區為 7.25 ppm、CK 處理區為 5.62 ppm，均未超過有機農產品容許量 150 ppm；Al 含量依序各為 A 處理區為 670.7 ppm、B 處理區為 509.4 ppm、C 處理區為 536.6 ppm、D 處理區為 579 ppm、CK 處理區為 458 ppm，此顯示苧麻根對 Al 吸收量頗多，但有機農產品規範並未詳細釐定容許量。

各處理所得苧麻根之總三萜及總多酚類含量變化如表 4，發現總三萜類含量以雞糞堆肥區較高達 0.38%，次為含木黴菌雞糞之生物性堆肥區 0.237%，分別與其餘三處理具有 5%顯著性差異；總酚類含量以不施肥區 0.148%含量最高，次為施用含木黴菌雞糞之生物性堆肥區及雞糞堆肥區分別為 0.114% 及 0.105%，而苧麻根產量最高之施用土壤添加物區僅 0.09%與化學肥料區 0.07%相近。

討　論

農試所灌溉水源來自烏溪河水，自 2001 年底起開始監測灌溉水質，2004 年初起常出現水質中鎘、鐵、鋁超過標準的情形 (圖 1-3)，顯示灌溉水源已受到人爲的污染。本試驗於 2005 年 7 月間檢測結果亦發現 Fe 含量爲 12.3 ppm (標準值 5 ppm) 及 Al 爲 9.2 ppm (標準值 5ppm) 均高於標準值，Cd 含量亦與標準值相近，所幸其他重金屬與其他要素猶在標準值以下。在目前污染源尚未能管制下，仍需監測灌溉水質中重金屬含量是否有增高的趨勢，並檢討作物對超過標準之要素，如本次試驗中鐵、鋁等之吸收量，以確保作物之品質。在生產物重金屬含量測定發現，除因灌溉水質含較高量 Al 有影響外，苧麻根對 Al 離子吸收量頗強，此問題值得重視與進一步探討。

探討符合優良農業操作之肥培處理對苧麻生育與產量之影響發現，AR3-2S 土壤添加物處理區之產量最高，此添加物係由米糠、蟹殼粉、尿素、過磷酸鈣、氯化鉀及矽酸爐渣等依不同比率組成，先前之研究已證明除可供應植物養分外，亦可降低土壤中白絹病菌菌核數目，並能有效防治菜豆白絹病（Hsieh 1999)，農試所試驗田歷年來旱作病害發生頻率最高首推白絹病，因此，施用 AR3-2S 土壤添加物對苧麻白絹病的防治應有所助益，但 2005 年度各處理均未發現病株且亦無蟲害發生。至於產量未符預期係因避免苧麻根太老而呈纖維化，導致活性成分有所損失，係因採一年生收穫所使然。

至於總多酚類含量變化，Mercure 等 (2004) 利用 UV 螢光誘導大麥生長，發現大麥的生質量 (biomass) 隨著施氮量減少而降低，但葉片可溶性總多酚類累積量卻增加。此試驗結果顯示施用土壤添加物雖可提高苧麻根產量，但對其主要活性成分之總三萜及總酚類含量並無相對提升之效，反

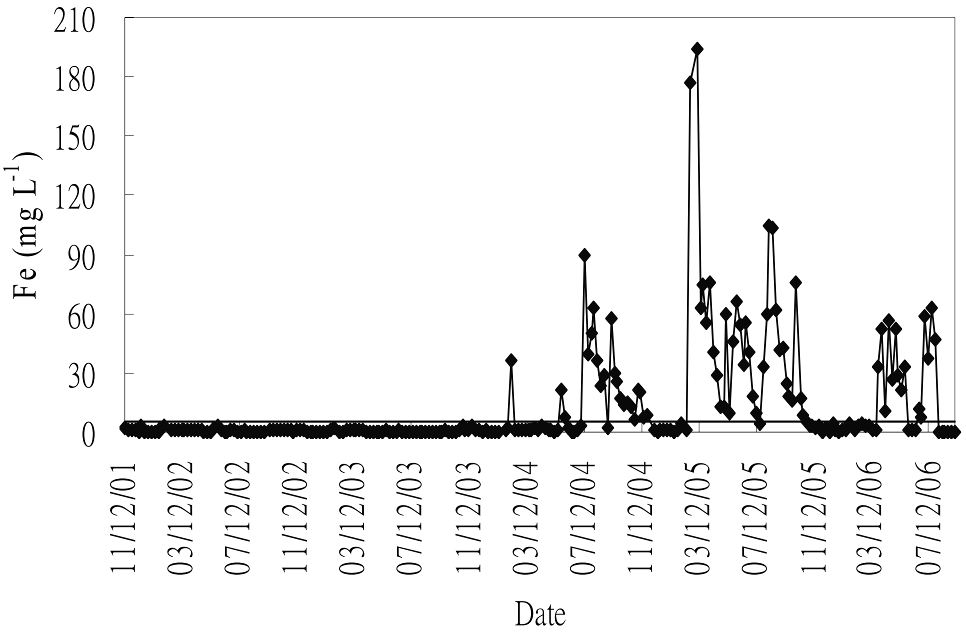


圖 1. 在 2001 至 2005 年灌溉水中鐵濃度變化。

Fig. 1. Variation in Fe contents in the tested irrigation water from 2001 to 2005.

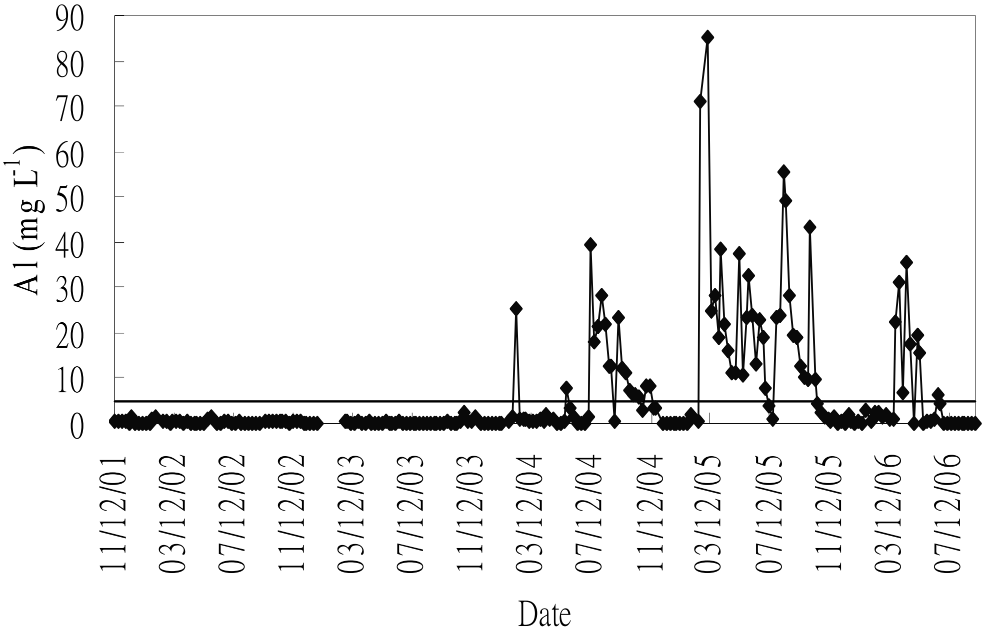


圖 2. 在 2001 至 2005 年灌溉水中鋁濃度變化。

Fig. 2. Variation of Al contents in the tested irrigation water from 2001 to 2005.

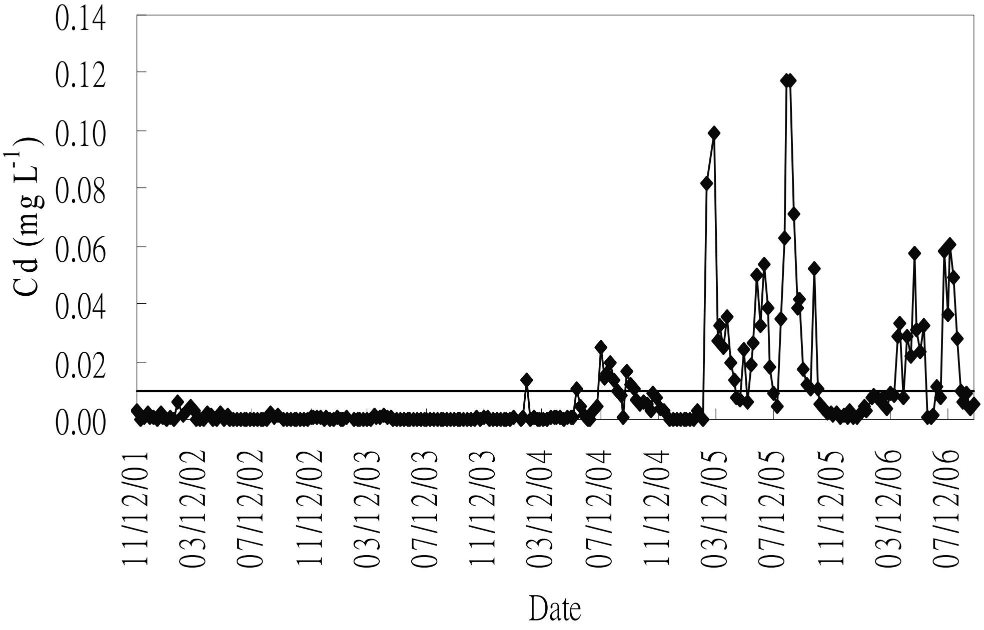


圖 3. 在 2001 至 2005 年灌溉水中鎘濃度變化。

Fig. 3. Variation of concentrations of Cd in the tested irrigation water from 2001 to 2005.

而採施用雞糞堆肥方法其根產量及二種活性成分仍保持尚可接受之相當量，而不施肥區之總酚類含量則居冠，此推測苧麻缺肥係處於一種逆境，因之，其總多酚之含量比其他處理稍高，此結果正與 Mercure 等 (2004) 研究結果相符。綜合上述結果，若考量預防白絹病之發生，似可推薦先施用雞糞堆肥，並於生育後期將全生育期所需肥料量騰出三分之一量，追施土壤添加物應較為可行。

目前全世界均對中草藥產品的農藥殘留問題相當關切，中國大陸的藥材外銷因受限於未能符合優良農業操作 (GAP) 規範，無法順利將其所生產的藥材輸出，形成所謂的綠色屏障，遂積極發展符合該規範的栽培管理措施。最近我國政府亦全力推展優質安全農產品之生產，所栽種之作物亦需符合 GAP 規範，因此本研究結果正可提供生產符合優質安全苧麻根之參考。

引用文獻 (Literature cited)

Anonymous. 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th ed. American Public Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Control Federation. Washington, D.C., USA.

Chiu, N. Y. and K. H. Chang. 1995. The Illustrated Medicine Plants of Taiwan. Vol. 4, p. 41-43. SMC Publishing Inc, Taipei. (In Chinese)

Hu, M. F., M. H. Yen, J. W. Liao, and K. L. Liu. 2004. Hepatoprotective effects of the folk medicines of “Yan-Kan-Tang No.1” and “Yan-Kan-Tang No.2” on rats. Crop Environ. & Bio-iformation 1: 229-238. (In Chinese with English abstract)

Hsieh, T. F., C. H. Kuo, and K.M.Wang. 1999. Application of amendments to control southern blight of snap bean caused by *Sclerotium rolfsii*. Plant Pathol. Bull. 8:157-162. (In Chinese with English abstract)

Klute, A. 1986. Method of soil analysis. Part 1-Physical and Mineralogical Methods. ASA and SSSA. Madison, WI, USA.

Mercure, S. A., B. Daoust and G.. Samson. 2004. Causal relationship between growth inhibition, accumulation of phenolic metabolites, and changes of UV-induced fluorescences in nitrogen-deficient barley plants. Can. J. Bot. 82:815-821.

Page, A. L. 1982. Method of soil analysis. Part 2-Chemical and Microbiological Properties. ASA and SSSA. Madison, WI, USA.

Sato, M., N. Ramarathnam, Y. Suzuki, T. Ohkubo, M. Takeuchi, and H. Ochi. 1996. Varietal differences in the phenoic content and superoxide radical scavenging potential of wines from different sources. J. Agric. Food Chem. 44:37-41.

Taga, M. S.,E. E. Miller, and.D.E. Pratt. 1984. China seeds as a source of natural lipid antioxidants. J. Am. Oil Chem. Soc. 61:928-931.

Effects of Organic and Chemical Fertilizers Suitable for Good Agricultural Practices on Root Yield and Active Ingredients of *Boehmeria nivesa*[1]

Min-Fu Hu[2], Chiling Chen[3], Yahn-Chir Lee[3],
Ting-Fang Hsieh[4,6], Chien-Liang Chu[3] and Jih-Zu Yu[5]

Abstract

Hu, M. F., C. L. Chen, Y. C. Lee, T. F. Hsieh, C. L. Chu, J. Z. Yu. 2006. Effects of organic and chemical fertilizers suitable for good agricultural practices on root yield and active ingredients of *Boehmeria nivesa*. J. Taiwan Agric. Res. 55:213-221.

The purpose of this study was to establish a model of good agricultural practices suitable for cultivation of *Boehmeria nivesa* in the field. The effects of different types of organic and chemical fertilizers on the root yield and active ingredients of this medicinal herb crop were evaluated. The concentrations of heavy metals and mineral elements in the tested organic and chemical fertilizers, and irrigation water were measured before planting. The control measures other than synthetic pesticides were used to manage the diseases and insect pests during plant growth stage. The treatments consisted of (A) chicken manure at 7,500 kg ha^{-1}; (B) chicken manure with *Tricoderma* sp. at 7,500 kg ha^{-1}; (C) chemical fertilizer at the rate of $N:P_2O_5:K_2O$ = 80: 20: 120 kg ha^{-1}; (D) soil amendment (AR3-2S) with chemical fertilizer ($N: P_2O_5: K_2O$ = 3.9: 2.23: 1.71) at 2400 kg $ha^{-1}$and (E) non-treated plot used as the control (CK). Each treatment had four replicates in a randomized complete block design (RCBD). The results showed that there were no significant differences in root yield among treatments. The fresh and dry weight of root of *B. nivesa* were 14,389 kg and 5,568.5 kg in treatment A, 10,056 kg and 4,082.7 kg in treatment B, 11,375 kg and 4,449.8 kg in treatment C, 16,486 kg and 6,871.4 kg in treatment D, and 8,597 kg and 3,430.2 kg in CK, respectively. The triterpenes contents in roots harvested from treatment A and B were 0.38% and 0.237%, respectively, which were significantly (p=0.05) higher than other treatments. The content of total phenolic compounds in roots harvested from CK treatment was 0.148%, which was slight higher than A and B treatments, and significantly (p=0.05) higher than C and D treatments.

Key words: *Boehmeria nivesa*, triterpenes, phenolic compounds, soil amendment (AR3-2S), *Trichoderma* sp. good agricultural practices.

---

1. Countribution No. 2269 From Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted: September 25, 2006.
2. Associate Agronomist, Agronomy Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Respectively, Associate Chemist, Assistant Researcher and Assistant Researcher, Agricultural Chemistry Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
4. Senior Researcher and Director, Floricultural Research Center, ARI, KuKeng, YunLin, Taiwan, ROC.
5. Assistant Researcher, Agricultural Applied Entomology Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
6. Corresponding author, e-mail: tfhsieh@Wufeng.tari.gov.tw；Fax:(05)5820835

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 55(4):222~233 (2006)

抗輪點病毒(PRSV)基因轉殖木瓜對環境中昆蟲及蟎類影響之評估[1]

林鳳琪[2,5] 李啟陽[2] 王清玲[2] 劉邦基[3] 林俊義[4]

摘　要

林鳳琪、李啓陽、王清玲、劉邦基、林俊義。抗輪點病毒(PRSV)基因轉殖木瓜對環境中昆蟲及蟎類影響之評估。台灣農業研究 55:222~233。

自 2002 年 5 月至 2003 年 11 月，於農業試驗所所屬基因轉殖隔離試驗田之網室及田間進行抗輪點病毒 (PRSV) 基因轉殖木瓜對環境中昆蟲及 蟎類之影響評估。定期調查基因轉殖與傳統台農二號木瓜上的害蟲、天敵發生種類及主要害蟲（蟎）之族群密度消長，結果顯示隔離網室內栽培兩供試木瓜上的昆蟲及蟎類種類相同，包括粉蝨成蟲、葉蟎、捕植蟎及捕食性蜘蛛。於隔離田栽培兩供試木瓜上的昆蟲及蟎類種類亦相同，包括：棉蚜 (*Aphis gossypii*) 有翅型成蟲、赤圓介殼蟲 (*Aonidiella inornata*)、螺旋粉蝨 (*Aleurodicus dispersus*)、紋白蝶 (*Pieris rape crucivora*) 之蛹及成蟲、斜紋夜蛾 (*Spodoptera litura*) 幼蟲、黃瓢蟲 (*Illeis koebelei*)、小黑瓢蟲 (*Stethorus* sp.)、神澤氏葉蟎 (*Tetranychus kanzawai*) 及卵形捕植蟎 (*Amblyseius ovalis*)。發生最為普遍的神澤氏葉蟎在網室內及隔離田栽植的基因轉殖與非基因轉殖木瓜上族群消長趨勢一致，同時每次調查網室內栽培之基因轉殖與非基因轉殖木瓜上之蟎卵及活動蟎數差異均不顯著。以及根據收集之相關資料評估分析抗輪點病毒基因轉殖木瓜對其他非目標昆蟲，包括授粉昆蟲、保育類昆蟲、土壤昆蟲及鳥類等的影響評估結果，認為抗輪點病毒 (PRSV) 基因轉殖木瓜對於環境中昆蟲類、蟎類及鳥類產生不利影響之風險性極低。

關鍵詞：基因轉殖木瓜、抗輪點病毒、蟲害、昆蟲相

前　言

台灣為防範基因轉殖植物可能對生態環境造成衝擊，政府於 2002 年著手進行修正 [植物品種及種苗法]，並於 2004 年公告規定凡由國外引進或國內培育基因轉殖植物，應申請辦理隔離田間觀察試驗，經審議核准者方得於田間栽培或推廣栽培。而根據 2005 年公布之 [基因轉殖植物田間試驗管理辦法]，規定基因轉殖植物對目標與非目標生物直接或間接影響， 包括對病、蟲害或其他非目標昆蟲及動物等，為重要的生物安全評估項目之一。本研究調查乃根據上述之規範與原則，針對

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2270 號。接受日期 95 年 10 月 3 日
2. 本所應用動物組副研究員、助理研究員及研究員兼組長。臺灣 臺中縣 霧峰鄉。
3. 前本所園藝組研究員。臺灣 臺中縣 霧峰鄉。
4. 本所所長。臺灣　臺中縣　霧峰鄉。
5. 通訊作者，電子郵件：fclin@wufeng.tari.gov.tw；傳真機：(04)23302804。

抗輪點病毒基因轉殖木瓜，於農業試驗所所屬之隔離田與網室栽培的木瓜進行對昆蟲及蟎類之影響評估調查，以為日後抗輪點病毒基因轉殖木瓜之栽培推廣或其風險管理之參考依據。

在基因轉殖作物對環境中昆蟲類之影響評估中，抗蟲與非抗蟲的基因轉殖作物，可能產生的影響並不相同，因而評估項目與評估方式不盡相同，通常需視作物種類、轉殖入新性狀之抗蟲或其他特性基因、該作物栽種地區與面積、作物上具有之害蟲與天敵種類，該作物與非目標昆蟲之關係等因素，針對每一種基因轉殖作物之情況，個別予以評估。抗蟲基因轉殖作物本身因含有對昆蟲具有毒性的物質，對某些昆蟲或近緣生物及其食物鏈中之相關生物具產生毒害之必然性，當進行環境安全影響評估時，需要評估的項目包括該基因轉殖作物上害蟲之生長發育與族群消長、害蟲抗藥性之產生情形、次要害蟲之崛起與族群變化、對天敵昆蟲之影響等。非目標昆蟲方面，應評估基因轉殖作物對於授粉昆蟲、保育類昆蟲、土壤昆蟲、甚至其它動物如鳥、田鼠、兔子等之影響。至於非抗蟲之基因轉殖作物，因其轉殖之新性狀並不含對昆蟲有毒之物質，評估環境安全影響時，應就該基因轉殖作物所殖入之新性狀，分辨可能存在風險之項目，然後就可能產生之影響與利弊加以分析與評估。本報告之對象作物為抗輪點病毒 (PRSV) 基因轉殖木瓜，屬非抗蟲性之基因轉殖作物，故依此原則進行評估。

材料與方法

供試作物與試驗設計

隔離網室木瓜之栽培：供試對照植株為台農二號木瓜 (*Carica papaya* L. Tainung No. 2)，植株依花性表型可分為兩性株、雌株和雄株等 3 種。供試基因轉殖木瓜品系係以台農二號品種之未成熟胚感染農桿菌，達成細胞的基因轉殖，再經由組織培養途徑培育成完整植株，其基因組內除增加了 *npt* II 基因和 PRSV CP 基因以外，其它園藝性狀與台農二號木瓜無差異 (Chen 1994；Yeh 1999)。

網室供試木瓜幼苗高約 60 cm 時，於 2002 年 5 月 9 日定植於 200L 的塑膠桶中，種植所用之土壤為每 240 kg 砂質壤土混拌 2 kg 金針菇木屑堆肥、60 g 尿素、270 g 過磷酸鈣及 55g 氯化鉀，定植後隨即將植有木瓜之塑膠桶置於農業試驗所所屬基因轉殖作物專用隔離簡易網室 (15 m x 3 m, 32 mesh) 。木瓜盆栽於網室內分置 2 列，基因轉殖與非基因轉殖對照木瓜盆栽逢機混置，其中基因轉殖木瓜 15 株，非基因轉殖木瓜 10 株，共 25 株，詳細試驗設計、木瓜種植方法及土壤水分管理如林等 (2004) 所述。試驗期間，為避免基因轉殖與對照木瓜植株遭受葉蟎嚴重危害，影響植株生存，導致評估試驗無法進行，曾於 2002 年 7 月 2 日及 15 日以克芬蟎 (clofentezine) 4000 倍稀釋液；7 月 22 日、11 月 7 日以密滅汀 (milbemectin) 1500 倍稀釋液同時噴施網室內栽培的基因轉殖與對照木瓜植株，以降低葉蟎密度。

隔離田間木瓜之栽培：隔離田栽培之供試基因轉殖與對照木瓜與網室栽培者一致，同為抗輪點病毒木瓜與台農二號，並於 2003 年 1 月定植於農試所所屬基因轉殖作物專用隔離田區內。該基因轉殖木瓜生態安全評估供試區分為 4 小區，每小區又各作 2 畦，每畦種植 8 株同一處理之供試木瓜，基因轉殖木瓜與對照木瓜各種植 2 小區，分別各栽植 32 株木瓜，所栽植之供試基因轉殖與對照木瓜共計 64 株。其管理方式與一般農民管理方式相同。並於 2003 年 2 月 13 日同時以密滅汀 1500 倍稀釋液噴施基因轉殖與對照木瓜，以降低葉蟎數目。

對蟲害及昆蟲相之影響

害蟲與天敵發生種類之比較：自 2002 年 5 月 24 日至翌年 1 月 5 日止，每 2 週一次，調查栽培於隔離網室內之兩種木瓜上的昆蟲（蟎）種類及其主要害蟲（蟎）族群之密度發生消長。以目測方式逐一檢查所有植株上棲息的昆蟲、蟎類及蜘蛛等，並將所發現之昆蟲與蟎類均製作浸製或玻片標本，予以分類鑑定後保存。隔離田栽培木瓜之蟲害及蟲相則自 2003 年 1 月 21 日起調查，每隔 7 天採樣一次，其調查取樣之方法與網室調查所採取之方法相同。

抗輪點病毒 (PRSV) 基因轉殖木瓜與對照木瓜神澤氏葉蟎族群消長之比較：網室栽培的木瓜主要害蟲（蟎）族群之密度發生消長調查，以選取每株木瓜莖幹上所著生之最下位葉，沿掌狀葉最中央主脈，剪取主脈兩邊各寬 1.5 cm 部分之葉片為調查單位，本文中簡稱為中肋，基因轉殖與對照木瓜各採取 15 中肋，於放大鏡下檢查計算中肋區域內之葉蟎卵及活動葉蟎的數目。每次調查所得蟎數資料之平均值分別以 t-test 分析，比較神澤氏葉蟎卵及活動葉蟎在基因轉殖與非基因轉殖木瓜上發生數量上之差異顯著性 ($p < 0.05$)。

隔離田栽培木瓜主要害蟲（蟎）族群之密度發生消長調查，各自於基因轉殖與對照木瓜小區內逢機選 5 植株，自每株木瓜莖幹上剪取所著生之最下位之 3 葉，同一處理 2 小區共 10 株木瓜上之 30 片葉片，攜回室內，鏡檢計算中肋區域內之葉蟎卵及活動期葉蟎的數目（同網室木瓜調查方法），比較神澤氏葉蟎卵及活動蟎在基因轉殖與非基因轉殖木瓜上發生數量及消長趨勢上之差異。

除非發現基因轉殖木瓜上的主要害蟲之族群密度與對照木瓜上有所差異，根據評估準則，不需進一步評估對天敵昆蟲以及次要害蟲之影響。

結　果

對木瓜上蟲害及昆蟲相之影響

隔離網室之木瓜害蟲與天敵發生種類之調查：由於網室阻絕較大形昆蟲的進入，且因試驗進行季節與試驗田區地理位置等因素，在本評估之供試基因轉殖木瓜或非基因轉殖木瓜上發生棲息於供試木瓜的昆蟲與蟎類包括：銀葉粉蝨 (*Bemisia argentifolii* Bellows and Perring) 成蟲、神澤氏葉蟎；3 種捕植蟎分為別溫氏捕植蟎 (*Amblyseius womersleyi* (Schicha)、*A. largoensis* (Muma) 及 *A. maii* (表 1)。這些昆蟲、葉蟎及天敵同時存在於基因轉殖與非基因轉殖木瓜上，其中以神澤氏葉蟎發生密度較高，為隔離網室栽培木瓜的主要害蟎。

隔離田之木瓜害蟲與天敵發生種類之調查：於隔離田栽培之木瓜自 2003 年 1 月 23 日起至 11 月 1 日止，經調查發生棲息於基因轉殖木瓜或對照木瓜之昆蟲蟎類包括：棉蚜 (*Aphis gossypii* Glover) 有翅型成蟲、赤圓介殼蟲 (*Aonidiella inornata* Mckenzie)、螺旋粉蝨 (*Aleurodicus dispersus* Russell)、紋白蝶 (*Pieris rape crucivora* Biusdubal) 之蛹及成蟲、斜紋夜蛾 (*Spodoptera litura* Fabricuius) 幼蟲、黃瓢蟲 (*Illeis koebelei* Timberlake)、小黑瓢蟲 (*Stethorus* sp)、神澤氏葉蟎 (*Tetranychus kanzawai* Kishida) 及卵形捕植蟎 (*Amblyseius ovalis* Evans)，共計昆蟲 7 種蟎類 2 種（表 1）。其中以神澤氏葉蟎發生最為普遍，調查期間經常發生。棉蚜、赤圓介殼蟲及螺旋粉蝨則於栽種初期之 1 月發生，發生數量甚少均低於 10 隻以下。紋白蝶則發生於 1-2 月，斜紋夜蛾則發生於 5 月。

神澤氏葉蟎族群消長之調查：神澤氏葉蟎的卵圓形，粒粒散產，黏附於葉片背面。自卵孵化後的幼蟎、若蟎及成蟎等各時期皆可活動，統稱為活動蟎。調查結果就卵及活動蟎分別說明及討論。

卵：隔離網室基因轉殖與非基因轉殖木瓜於定植後 6 週內均未發現有蟎卵 (圖 1)，木瓜定植後

表一、抗輪點病毒基因轉殖與非基因轉殖木瓜上發生害蟲與天敵種類

Table 1. Insects and mites found on transgenic and non-transgenic papaya.

Species	Transgenic papaya	Non-transgenic papaya
Greenhouse		
Insect		
Homoptera (同翅目)		
Aleyrodiae (粉蝨科)	+[z]	+
Bemisia argentifolii (Bellows & Perring) (銀葉粉蝨）	+	+
Acarina		
Tetranychidae (葉蟎科)		
Tetranychus kanzawai Kishida (神澤氏葉蟎)	+	+
Phytoseiidae (捕植科)		
Amblyseius womersleyi (溫氏捕植蟎)	+	+
A. largoensis (Muma)	+	+
A. maai Tseng (馬氏捕植蟎)	+	+
Field		
Insect		
Homoptera (同翅目)		
Aphididae (常蚜科)		
Aphis gossypii Glover (棉蚜)	+	+
Diaspididae (盾介科)		
Aonidiella inornata Mckenzie (赤圓介殼蟲)	+	+
Aleyrodiae (粉蝨科)		
Aleurodicus dispersus Russell (螺旋粉蝨)	+	+.
Lepidoptera (鱗翅目)		
Pieris rapae crucivora Boisduval (紋白蝶)	+	+
Spodoptera litura Fabricius (斜紋夜蛾)	+	+
Coleoptera 鞘翅目		
Illeis koebelei Timberlake (黃瓢蟲)	+	+
Stethorus sp. (小黑瓢蟲)	+	+
Acarina		
Tetranychidae (葉蟎科)		
Tetranychus kanzawai Kishida (神澤氏葉蟎)	+	+
Phytoseiidae (捕植蟎科)		
Amblyseius ovalis Evans (卵形捕植)	+	+

[z] +: exist.

第 8 週，非基因轉殖木瓜與基因轉殖木瓜上開始出現蟎卵，基因轉殖木瓜上每葉中肋上之調查範圍內平均卵數爲 117.2±70.1 粒/中肋，非基因轉殖木瓜上平均卵爲每中肋 53.4±25.9 粒。其後 2 週內對照木瓜上蟎卵數目增加較基因轉殖木瓜快，達到 275.5±154.8 粒/中肋。經過 2002 年 7 月 2、15、22 日連續 3 次施殺蟎劑，8 月份葉蟎卵數目明顯減少，至 9 月基因轉殖木瓜與非基因轉殖木瓜上發生葉蟎卵數目皆開始逐漸增高，自 9 月 26 至 10 月 24 日調查，基因轉殖木瓜上平均每葉發生的葉蟎卵爲 45.5±336.6-128.1±47.8 粒/中肋；非基因轉殖木瓜上平均每葉發生葉蟎卵爲 131.4±96.6-65.8±

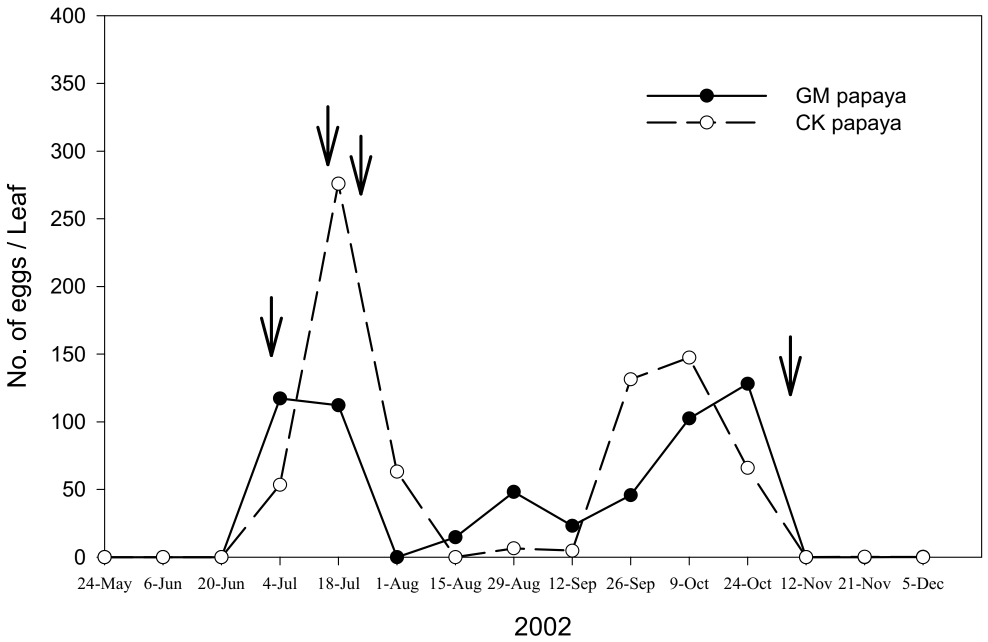


圖 1. 農試所隔離網室栽培抗輪點病毒基因轉殖木瓜及非基因轉殖木瓜上神澤氏葉蟎卵發生消長情形。

Fig. 1. Population dynamics of *Tetranychus kansawai* eggs on transgenic and non-transgenic papaya under the isolated net house at ARI. (Arrow: Time of miticide spray for suppressing the population)

63.2 粒/中肋。於 2002 年 11 月 7 日再度噴施殺蟎劑後，基因轉殖與非基因轉殖木瓜上葉蟎卵發生數目減少。

於隔離田栽植之基因轉殖與對照木瓜上的葉蟎卵發生情形如圖 3，自 2003 年於 1 月第一次調查，基因轉殖木瓜上平均每葉發生葉蟎卵爲 35.1±13.7 粒/中肋，非基因轉殖木瓜發生葉蟎卵爲 11.6 ±6.3 粒/中肋。兩週後葉蟎卵在兩供試木瓜上均迅速增加，基因轉殖木瓜平均每葉發生葉蟎卵爲 141.1±33.3 粒/中肋，非基因轉殖木瓜平均每葉發生葉蟎卵爲 72.1±28.6 粒/中肋。於 2 月 13 日噴施密滅汀後，在兩供試木瓜上葉蟎卵發生數量開始下降，於 2 月中旬至 4 月底之調查結果，平均每中肋葉蟎卵發生量均維持於 0-18.3 粒。至五月之調查，兩供試木瓜上之葉蟎卵逐漸增加，非基因轉殖木瓜在 5 月 29 日調查及基因轉殖木瓜在 6 月 5 日之調查所得葉蟎卵密度最高，依序分別爲 342.2 ±56.3 及 148.4±27.4 粒/中肋。之後 6-11 月調查，兩供試木瓜上葉蟎卵發生數量甚低，平均每中肋爲 0-45 粒。

活動葉蟎：神澤氏葉蟎活動蟎在隔離網內栽種的兩種供試木瓜上發生數目調查結果（圖 2），在基因轉殖與非基因轉殖木瓜於定植後第 6 週開始發生，當時數目皆甚低，活動葉蟎在基因轉殖木瓜上平均爲 2.6 隻/中肋，非基因轉殖木瓜上則爲平均 2.5 隻/中肋。之後活動蟎數逐漸增加，基因轉殖木瓜上活動葉蟎數最高爲第 8 週時平均 82.8±58.3 隻/中肋，非基因轉殖木瓜上平均最高爲第 10 週之 61.0±31.1 隻/中肋。經 7 月 2、15、22 日噴施三次殺蟎劑後，活動葉蟎密度降低至極低，第 12 週基因轉殖木瓜平均發生活動葉蟎爲 0.7±0.7 隻/中肋，非基因轉殖木瓜則爲 48.1±47.8 隻，但第 14 週即降至 0.2 隻。8 月下旬亦即施藥約 1 個月後，基因轉殖木瓜與非基因轉殖木瓜上發生活動

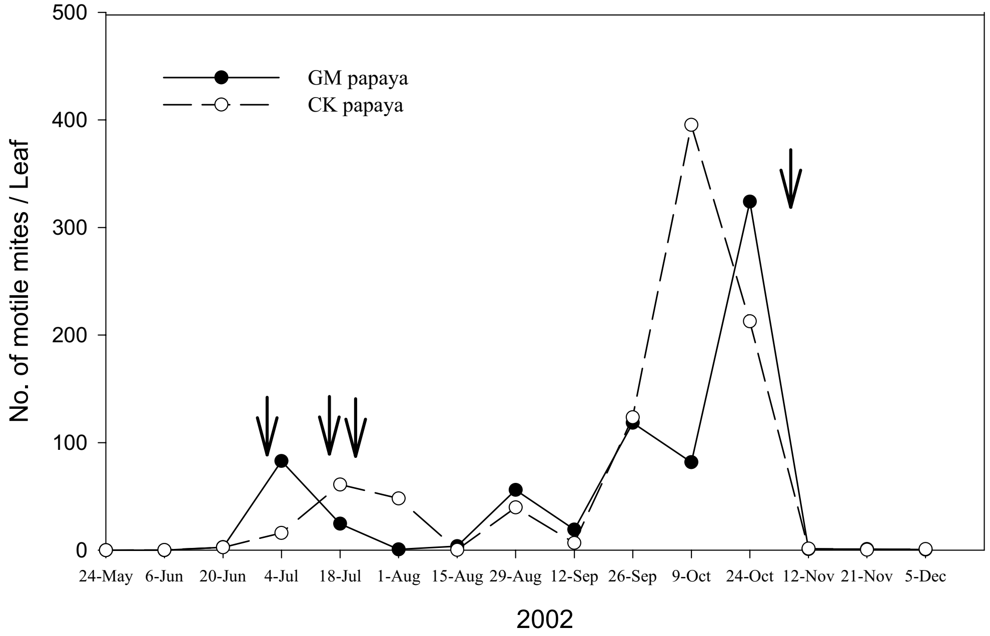


圖 2. 農試所隔離網室栽培抗輪點病毒基因轉殖木瓜及非基因轉殖木瓜上神澤氏葉蟎活動發生消長。

Fig. 2. Population dynamics of motile *Tetranychus kansawai* on transgenic and non-transgenic papaya under the isolated net house at ARI. (Arrow: Time of miticide spray for suppressing the population)

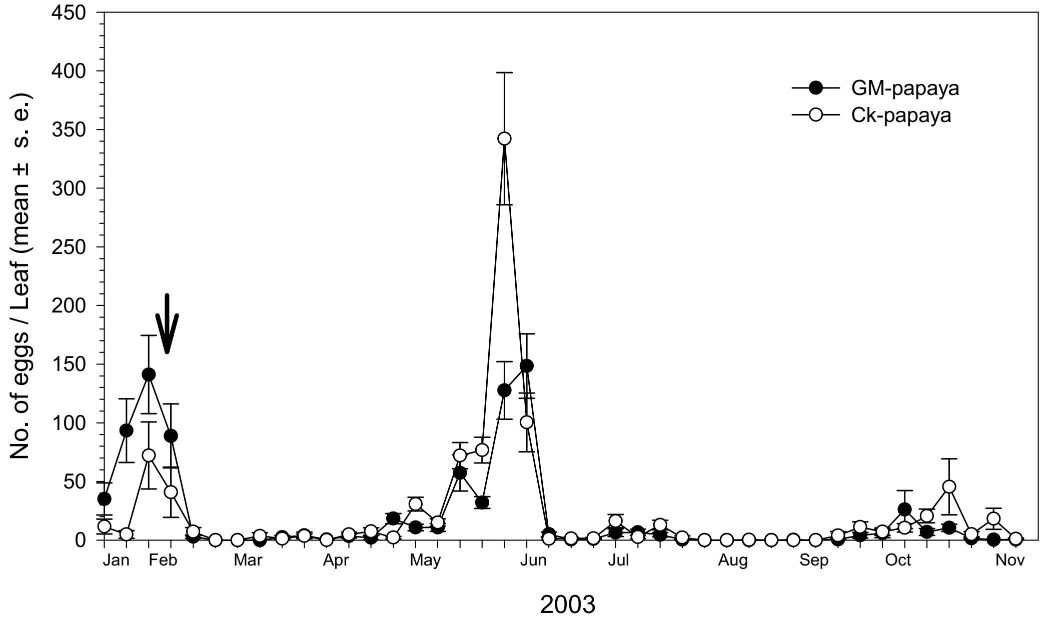


圖 3. 農試所隔離田栽培抗輪點病毒木瓜及非基因轉殖木瓜上神澤氏葉蟎卵發生消長比較。

Fig. 3. Population dynamics of *Tetranychus kansawai* eggs on transgenic and non-transgenic papaya in the isolated field at ARI. (Arrow: Time of miticide spray for suppressing the population)

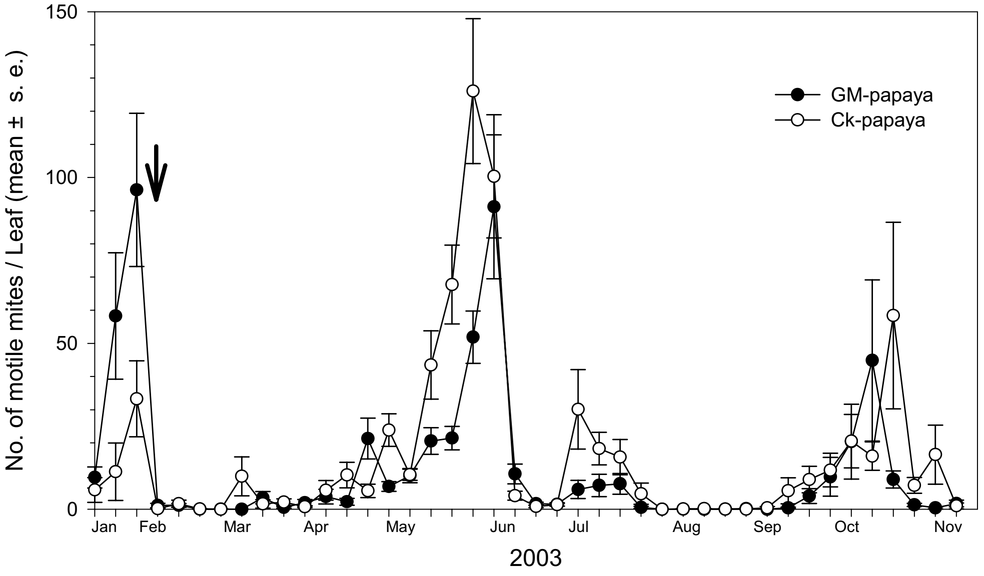


圖 4. 農試所隔離田栽培抗輪點病毒基因轉殖木瓜及非基因轉殖木瓜上神澤氏活動葉蟎發生消長。

Fig. 4. Population dynamics of motile *T. kansawai* on transgenic and non-transgenic papaya in the isolated field at ARI. (Arrow: Time of miticide spray for suppressing the population)

葉蟎密度同時開始逐漸增高，自 2002 年 9 月 26 至 10 月 24 日調查，基因轉殖木瓜上平均發生活動葉蟎分別為 118.4±101.2~324.0±74.22 隻/中肋；非基因轉殖木瓜上平均發生活動葉蟎為 122.5±87.4~395.3±267.8 隻/中肋。其中非基因轉殖木瓜葉蟎密度以 10 月 9 日調查發生最高，有 395.2±267.7 隻/中肋，基因轉殖木瓜上葉蟎密度隨即亦於 10 月 2 4 日達到最高，有 324.0±74.2 隻/中肋，二者最高峰發生時間與數目均相近。由於 11 月 7 日噴施密滅汀，以及氣溫漸降低之影響，於調查末期基因轉殖與非基因轉殖木瓜上之活動葉蟎發生量均甚低。

調查活動蟎在隔離田栽種的兩種供試木瓜上發生情形如圖 4，自 2003 年於 1 月第一次調查，基因轉殖木瓜上平均每葉發生活動蟎為 9.6±3.2 隻/中肋，非基因轉殖木瓜發生活動蟎為 5.8±3.7 隻/中肋。之後活動蟎在兩供試木瓜上逐漸增加，於 2 月第一次調查，基因轉殖木瓜平均每葉發生活動蟎為 96.2±23.1 隻/中肋，非基因轉殖木瓜平均每葉發生活動葉蟎為 33.3±11.4 隻/中肋。於 2 月 13 日噴施密滅汀後，兩供試木瓜上活動葉蟎發生數量開始減少，於 2 月中旬至 4 月底之調查結果，平均每中肋活動葉蟎發生量均維持於 0-21.3 隻，至五月之調查，兩供試木瓜上之活動葉蟎逐漸增加，非基因轉殖木瓜在 5 月 29 日調查及基因轉殖木瓜在 6 月 5 日之調查所得活動葉蟎密度最高，依序分別為 126.1±21.8 及 91.2±21.7 隻/中肋。之後 6-11 月調查，兩供試木瓜上活動葉蟎發生數量甚低，平均每中肋葉蟎為 0-48 隻。

討　論

與一般園藝作物相較，木瓜害蟲種類單純，以往木瓜上曾經紀錄之害蟲包括 6 種蚜蟲、1 種介殼蟲、1 種粉蝨、4 種蟎類。由於蚜蟲並不在木瓜植株上繁殖，因此發生大量蚜蟲對植株直接造成

危害的情況在木瓜上並不常見，蚜蟲對木瓜的危害主要是有翅蚜蟲傳播輪點病毒而導致植株致病，造成木瓜果實品質下降或植株死亡。在台灣紀錄 6 種木瓜上發生之蚜蟲 (Hwang & Hsieh 1984; Wang 1981) 均會傳播輪點病毒，而以棉蚜或桃蚜最易傳播 (Wang 1981；Namba & Higa 1977)。赤圓介殼蟲初發生時吸食木瓜主幹汁液，經繁衍後漸蔓延至木瓜果實，但不危害葉部 (Lee & Wen 1977)。螺旋粉蝨是南部地區木瓜上重要害蟲之一 (Wen *et al*. 1994)，成蟲棲息並產卵於木瓜葉背，孵化後之若蟲吸食葉片汁液，所代謝之蜜露則誘發煤煙病，加上螺旋粉蝨分泌之白色臘粉覆蓋葉片，影響植株之光合及呼吸作用。發生於木瓜上的葉蟎有四種 (Hao *et al*. 1996)，族群數量最多者爲神澤氏葉蟎，柑橘葉蟎及皮爾斯葉蟎次之，赤葉蟎發生較少。神澤氏葉蟎危害木瓜一般由下位葉開始，沿著葉片主脈中肋開始向四周蔓延危害，初危害時，被害部分白化，因水分及營養傳輸受到阻礙，受害部位逐漸褐化碎裂，最後整個葉片乾枯而脫落。木瓜若大量發生葉蟎而不加以防治時，將導致整株木瓜枯死。其他種類葉蟎危害木瓜情況則較經微。

在隔離網室內栽種的兩供試木瓜上，神澤氏葉蟎族群密度的發生在基因轉殖與非基因轉殖木瓜上雖然均互有高下，然無論是在族群最初的發生、增長，或因天候之影響或是噴施藥劑後神澤氏葉蟎整個族群被壓制降低及重新建立其族群，在基因轉殖或非基因轉殖木瓜上的族群消長趨勢均相當一致（圖 1-2）。自 2002 年 5 月 24 日至翌年 1 月 5 日止，將每次調查隔離網室之兩供試木瓜上神澤氏葉蟎卵及活動葉蟎資料經 t-test 分析，結果顯示在基因轉殖與非基因轉殖木瓜兩者間之葉蟎數自始至終並無統計上的差異 (p-value < 0.05)。

自 2003 年 1 月至 11 月 1 日在隔離田栽種的兩基因轉殖與對照木瓜上的神澤氏葉蟎卵發生數量經 t-test 分析 ($p < 0.05$)，結果顯示在 1 月 30 日、4 月 24 日、5 月 1 日、5 月 22 日、5 月 29 日及 10 月 8 日的卵數在兩供試木瓜上有顯著差異，其中 1 月 30 日及 4 月 24 日之調查以基因轉殖木瓜上的蟎卵數高於對照木瓜上者，另外 4 次則對照木瓜上蟎卵數較高（圖 3）。而網室內兩供試木瓜上的活動蟎發生數量亦是高低互見，在 42 次的調查資料經經 t-test 分析 ($p < 0.05$)，其中 3 次調查結果基因轉殖木瓜上活動蟎數顯著高於對照木瓜者，另有 6 次調查結果對照木瓜上活動蟎數顯著高於基因轉殖木瓜者（圖 4）。雖然葉蟎族群發生密度在兩供試木瓜上有些微的差距，但一般小型害蟲在田間的發生數量高高低低的消長，受到氣象（降雨、溫度）或是生物等多種因子（天敵、競爭）之影響很大，並非完全歸因於寄主植物（木瓜）不同之影響，這種差異在一般的族群密度調查普遍發生。雖然葉蟎族群在兩供試木瓜上發生密度的高峰期並非在同一調查日出現，但二者之高峰出現期之差異在前後周間，分析因試驗小區位置不同之影響頗大。就 2 月 13 日噴藥後及在 5-6 月梅雨季期間在兩供試木瓜上的葉蟎族群發生密度均同時降低的現象顯示，隔離試驗田間的基因轉殖與對照木瓜上神澤氏葉蟎族群發生消長的趨勢兩者一致。

就神澤氏葉蟎密度及其族群消長的趨勢之比較，評估抗輪點病毒基因轉殖木瓜與對照木瓜上神澤氏葉蟎族群發生消長差異甚低。由於二種供試作物上的昆蟲相與主要害蟎神澤氏葉蟎的發生消長兩者間差異不大。同時根據本試驗於兩供試木瓜上之害蟲及天敵之種類調查結果（表 1），並未發現基因轉殖木瓜與對照木瓜在主要害蟲及天敵發生種類上有所差異，依評估原則，本試驗不需進一步對其天敵及次要害蟲進行評估。

至於抗輪點病毒基因轉殖木瓜是否對其他非目標昆蟲或動物產生不利影響?由於本報告之所評估之對象作物並非抗蟲基因轉殖木瓜，因此，就所蒐集之資料加以分析評估，初步認爲其對台灣生態安全可能造成衝擊的風險甚低。

木瓜常見的授粉昆蟲包括膜翅目 (Hymenoptera) 的蜜蜂 (*Apis* spp.) 與熊蜂 (*Bombus* spp.) 類、雙翅目 (Diptera) 的花虻 (syrphid) 與花蠅 (flower fly) 類，而以蜜蜂爲授粉昆蟲的代表。美國環境保護署 (Environmental Protection Agency, EPA) 1999 年公佈之有毒物質對於蜜蜂毒性試驗方法以羽化第一週的蜜蜂爲測試對象 (www.epa.gov/pesticides/biopesticides/otherdocs/bt_position_paper_618.htm)。幼蟲的食物以成蜂餵食的營養物爲主，成蜂本身食入的花粉，如果含有毒物質，其消化分泌物就可能也對幼蜂生長發育產生影響。評估抗輪點病毒對授粉昆蟲之影響，根據所轉入基因對木瓜植株或花器均不改變或增加任何對昆蟲有毒性的物質，分析該轉殖木瓜直接對蜜蜂或其他授粉昆蟲訪花行爲而產生毒害之風險甚微。在其他花朵形態、花朵數目、花蜜含量、花蜜品質等園藝性狀，與對照木瓜間亦未有所改變，同時，木瓜並非台灣主要的蜜源植物，因此不致於影響授粉昆蟲之造訪傾向與造訪頻率，不影響授粉昆蟲本身營養成分之獲得，亦不影響其授粉功能，故該基因轉殖木瓜不致對授粉昆蟲產生不利影響。

由於轉殖蘇力菌玉米之花粉對大樺斑蝶 (monarch butterfly, *Danaus plexippus* (L.)) 幼蟲有害之報導 (Losey *et al.* 1999)，曾經引發廣泛討論，之後證實田間種植蘇力菌玉米的花粉所含殺蟲毒性對大樺斑蝶並無影響 (Wraight *et al.* 2000)。但是因此提高基因轉殖作物是否會對保育類昆蟲影響之重視，並且成爲必須加以評估之項目。

根據 2002 年政府修正公佈「保育類野生動物名錄」，台灣的保育類昆蟲共有寬尾鳳蝶、曙鳳蝶、珠光鳳蝶、黃裳鳳蝶、大紫蛺蝶、台灣爺蟬、渡邊氏長吻白臘蟲、無霸勾蜓、妖艷吉丁蟲、彩虹叩頭蟲、台灣長臂金龜、台灣大鍬形蟲、長角大鍬形蟲、霧社血斑天牛、台灣食蝸步行蟲、台灣擬食蝸步行蟲、蘭嶼大葉盜蟴、津田氏大頭竹節蟲等共 6 目 13 科 17 種。上述保育昆蟲之地理分佈、食性、季節消長等資料 (Wang *et al*. 2004) 顯示，其中大多爲專食性，僅少數較爲雜食性的種類，本試驗供試之基因轉殖木瓜或其近緣植物並非任何保育類昆蟲之寄主，因此抗輪點病毒基因轉殖木瓜應不致於影響台灣目前法定的保育類昆蟲。

土壤內生物的存在與其間相互之關係，是生態系中極爲重要的一環，且與土壤肥力的表現密切相關。土壤中昆蟲、蟎類或是其它生物間之依存關係，比地上部更複雜，其中某一種生物族群之些微改變，即可能牽動一系列之複雜變化。棲息於旱作土壤中的昆蟲種類甚多，大部分以植物根部附近組織爲食，或以土壤中腐植質爲食，或是兼具兩種食性。曾有報導轉殖的抗蟲植物於收穫後，田間的殘株會隨田土翻耕整理而混入土中，原先存在於植株莖葉組織的抗蟲物質，能與土壤中有機粒子 (humic acids) 或無機粒子 (clay) 結合，結合之蘇力菌毒仍保持活性 (Crecchio & Stotzky 1998)。更有一些基因轉殖植物根部釋出分泌物，進入土壤中後，可能對土壤中棲息昆蟲之生存產生影響 (Tapp & Stotzky 1998；Bena *et al* 1999)。但本試驗所供試之基因轉殖木瓜本身不含對昆蟲有毒物質，且根據基因轉殖木瓜對於土壤微生物影響之評估結果 (Lin *et al*. 2004)，供試之基因轉殖木瓜根系附近土壤中真菌、細菌、放射菌等之數目與種類，均未發現與對照木瓜不同，土壤中關係昆蟲生存之腐植質成分與含量等環境因子相同，因此未發現基因轉殖木瓜對於土壤昆蟲之生存會產生不利影響之因素。

昆蟲與蟎類以外的有害動物通常是指取食田間生長植株的鳥類、田鼠、野兔等動物，木瓜成熟時會有鳥類啄食，常見的有白頭翁與綠繡眼等小型鳥，均爲台灣常見鳥類。由於木瓜有後熟作用，

為便利運輸與儲存，一般商業栽植之木瓜極少任果實於植株上充分黃熟，被鳥類啄食之機會甚低。且供試之基因轉殖木瓜不含對昆蟲或鳥類有毒物質，即使偶而被少數鳥類食入，亦不至於對鳥類族群產生不利影響。

於隔離網室內或隔離田種植之抗輪點病毒木瓜，與對照木瓜發生之主要害蟲與天敵種類相同，而於各自之調查期間，兩種栽種場所在神澤氏葉蟎於兩種木瓜葉片上族群變動之趨勢一致。基因轉殖木瓜之花部結構對授粉昆蟲之造訪無影響。木瓜及其近緣植物均非保育類昆蟲之寄主，因此對保育類昆蟲不會發生影響。種植基因轉殖木瓜根系附近土壤中微生物相並無改變，對於土壤昆蟲之生存無影響。木瓜的後熟作用使基因轉殖木瓜對鳥類產生影響之可能性甚低。因此評估結果顯示抗輪點病毒木瓜對於環境中昆蟲類、蟎類及鳥類造成衝擊之風險甚微。

誌　　謝

本報告之蟎類由本所應用動物組何琦琛博士鑑定，謹此致謝。

引用文獻 (Literature cited)

Bena, D., S. Florest, and G. Stotzky. 1999. Insecticidal toxin in root exudates from Bt corn. Nature 402: 480.

Chen, Y. H. 1994. Construction and evaluation of transgenic plants expressing the coat protein gene of papaya ringspot virus isolated from Taiwan. PhD thesis of National Chung Hsin University. Taichung, 96 pp. (in Chinese with English abstract)

Crecchio, C. and G. Stotzky. 1998. Insecticidal activity and biodegradation of the toxin from *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* bound to humic acids from soil. Soil Biol. Biochem. 30(4): 463-470.

Hao, H. H. H. L. Wang, W. T. Lee, and K. C. Lo. 1996. Studies on biological control of spider mites on papaya. J. Agric. Res. China 45: 411-421. (in Chinese with English abstract)

Hwang, J. S. and F. K. Hsieh. 1984. Studies on aphid transmission of papaya ring spot. Plant Prot. Bull. 26: 395-400. (in Chinese with English abstract)

Lee, H. S. and H. C. Wen. 1977. Seasonal occurrence and control of the papaya red scale, *Aonidiella inornata* Mekenzie, (Honoptera: Diaspidae). Plant Prot. Bull. 19: 196-201. (in Chinese with English abstract)

Lin, C. Y., P. C. Liou, C. L. Wang, C. Y. Chien, H. D. Shih, and B. H. Cheng. 2004. Assessment of Ecological Impact and Environmental Safety of Transgenic Papaya Lines Resistant to *Papaya Ringspot Virus*. J. Agric. Asso. China 5: 374-392. (in Chinese with English abstract)

Losey, J. E., L. S. Rayor and M. E. Carter. 1999. Transgenic pollen harms monarch larvae. Nature 399: 214.

Namba, R. and S. Y. Higa 1977. Retention of the inoculativity of the papaya mosaic virus by the green peach aphid. Proc. Hawaii Entomol. Soc. 22:491-494.

Tapp, H. and G. Stotzky. 1998. Persistence of the insecticidal toxin from *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* in soil. Soil Biol. Biochm. 30: 471-476.

Wang, H. L. 1981. Aphid transmission of papaya ringspot virus in Taiwan. Plant Prot. Bull. 23: 229-233. (in Chinese with English abstract)

Wang, C. L., F. C. Lin, C. Y. Lin. 2004. Insect-resistant transgenic plants and the environmental impact assessment-special concern for insects. Plant Prot. Bull. 46:181-209. (in Chinese with English abstract)

Wen, H. C., T. C. Hsu, and C. N. Chen. 1994. Supplementary description and host plants of the spiraling whitefly, *Aleurodicus dispersus* Russell. Chinese J. Entomol. 14: 147-161。(in Chinese with English abstract)

Wraight, C. L., A. R. Zangerl, M. J. Carroll, and M. R. Berenbaum. 2000. Absence of toxicity of *Bacillus thuringiensis* pollen to black swallowtails under field conditions. Proc. Natl. Acad. Sci. (USA) 97: 7700-7703.

Yeh, S. D. 1999. Current application of transgenic plants in plant protection. Plant Prot. Bull. 41:87-106. (in Chinese with English abstract)

行政院農業委員會農業試驗所 AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE 1895

Assessment of Environmental Risk of Transgenic Papaya Ring Spot Virus Resistant Papaya on Insects and mites[1]

Feng-Chyi Lin[2,5], Chi-Yang Lee[2], Chin-Ling Wang[2],
Pan-Chi Liou[3] and Chien-Yih Lin[4]

Abstract

Lin. F. C, C. Y. Lee, C. L. Wang, P. C. Liou, and C. Y. Lin. Assessment of environmental risk of transgenic papaya ring spot virus resistant papaya on insects and mites. J. Taiwan Agric. Res. 55:222-233.

Evaluation of impacts of the transgenic (PRSV) resistant papaya to environmental insects and mites were conducted at the isolated net house and the isolated field at ARI from May 2002 to November 2003. Species of pest insects and natural enemies and population fluctuations of the main pests on papaya were surveyed. Species of insects and mites occurred on transgenic and control papayas were the same. These included *aphis gossypii*, *Bemisia argentiflii*, *Anoidiella inornata*, *Aleurodicus dispersus*, *Pieris rape crucivora*, *Spodoptera litura*, *Illeis koebelei*, *Stethorus* sp., *Tetranychus kanzawai*, and *Amblyseius ovalis*. Of them, *T. kanzawai* was the most common pest. The population fluctuations of this mite on both transgenic and non-transgenic papayas were similar. Other possible impacts discussed included the impacts on insect-pollinators, conserved or threatened insects, soil insects and birds. It is concluded that the risk of the transgenic papaya to insects, mites and birds in environments were very low.

Key words: transgenic papaya, papaya ring spot virus resistant, environmental safety assessment, insect, mite.

---

1. Contribution No. 2270 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted: October 3, 2006.
2. Assistant Entomologist, Assistant Entomologist and Senior Entomologist, Dept of Applied Zoology, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Senior Horticulturist, Dept of Horticulture, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
4. Director of TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
5. Corresponding author, e-mail: fclin@wufeng.tari.gov.tw；Fax: (04)23302804.

台灣農業研究(J. Taiwan Agric. Res.) 55(4):234~249(2006)

破布子脫粒篩選機之研製[1]

陸龍虎[2] 蔡致榮[2,4] 徐武煥[2] 梁連勝[2] 王怡玎[3]

摘　　要

陸龍虎、蔡致榮、徐武煥、梁連勝、王怡玎。2006。破布子脫粒篩選機之研製。台灣農業研究 55:234~249。

本研究旨在研製破布子脫粒篩選機，以解決費時費工之破布子摘果粒去果蒂的問題，節省人工，降低生產成本。已完成破布子脫粒篩選機乙部，主要由單組相對旋轉之縱向斜裝刷桿、挾送裝置、噴水管路、出料斜槽與篩選裝置等組件組成。經試驗分析最佳化之脫粒作業條件件為脫粒轉數 107 rpm（線速度 0.59 m/s）、進料挾送轉數 23 rpm（線速度 0.06 m/s）、毛刷長度 20 mm 與毛刷交錯長度 3 mm，其機械脫粒之作業性能分別為良好率 92.7%、損傷率 0%、未脫率 3.2%與夾斷帶蒂率 4.1%；而篩選裝置採輸送柵鏈設計，柵鏈網目為 16×16 mm，經測試已符合要求。整體之機械作業能力達 9.1 kg/hr，分別為人工脫粒專業工的 2.4 倍與非專業工的 5.9 倍。

關鍵詞：破布子、脫粒篩選機。

前　　言

破布子屬於紫草科（Boraginaceae） 破布子屬，學名 *cordia dichotoma forst,* f.，英名 cummingcordia, Sebastan Plum Cordia，別名破子、樹子仔、破果子，為多年生落葉小喬木或灌木，原產於中國南方廣東、福建、海南島及台灣等地，分佈遍及台灣、中國大陸、菲律賓、馬來西亞、印度、錫蘭及東南亞國家。品種依產地別分為台灣破布、阿比破布、古巴破布、保塞破布、黃花破布、寧波破布與光葉破布等品種，依花的顏色分紫花種及黃花種，台灣栽培品種已發現者均為本地種，尚未發現外來種。一年之中破布子有兩次落葉現象，第一次在春天（1～2 月間）落葉，旋於 2～3 月間開淡紫色或黃白色小花，開花後隨即長出新葉，清明節（4 月間）後又第二次落葉。每年 6、7 月間果實由青綠轉為黃橙是為採收適期，採收時由分枝處（鋸）砍下，再用剪刀將果穗剪下出售，當作破布子醃漬物的加工原料。果實呈橢圓形，內含種子與大量乳白色粘液；營養成分含蛋白質、醣質、纖維、鈣、磷、鐵、維生素 A 、B 2 與菸鹼酸。另據台南區農改場分析果實主要成分為：蛋白質 3.5～5%、粗灰分 4.0～4.5%、糖分 7.5～ 9.5 °Brix 、粗脂肪 8.5～11.0%與水分 70～75%。

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2271 號。接受日期：95 年 10 月 15 日。
2. 本所農工組副研究員、研究員兼組長、助理研究員、研究員。臺灣　臺中縣　霧峰鄉。
3. 本所園藝組助理研究員。臺灣　臺中縣　霧峰鄉。
4. 通訊作者，電子郵件：jrtsay@wufeng.tari.gov.tw；傳真機：（04）23325144。

一般破布子果實採收後，主要交由農會或廠家使用加工設備產製破布子醃漬品，破布子的嫩葉與花可煮食或炒食，爲台灣古老樹木性蔬菜之一，枝條或枝幹可入藥，藥理作用爲清暑、消食與化痰，主治感冒、中暑、食滯、消化不良與腹瀉，樹幹中心掏空後，也是農民拿來飼養野生蜜蜂的最佳人工巢穴，而樹皮有人拿來當貼金泊（拜拜用的紙錢上的金色錫箔紙）用的刷子，其果實可食用，是昔日本省民間拌飯的菜餚。

近年來隨著經濟起飛，健康食品盛行，淡食及素食的興起，破布子再受青睞，其價值也重獲評價和定位，因此帶動食用的熱潮，食用的人愈來愈多，甚至成爲部分餐廳桌上佳餚的主要材料，產品價格隨之看漲，栽培面積也逐年增加。目前台灣破布子栽植面積尚無資料可供稽查（Huang & Tsay 1999），然而依據南投集集北勢坑農場興香味企業有限公司（破布子加工廠）估計破布子栽培面積約爲 400~500 公頃（每公頃產量 12,000~20,000 kg），其栽培地區計有台南縣左鎮、楠西、玉井、大內、東山、南化與六甲，嘉義縣大埔、義竹、溪口、中埔番路、梅山、竹崎與嘉義市鹿寮，東部花蓮、台東栽培面積亦逐漸增加，其他各地如高雄縣內門、甲仙，台中縣石岡、東勢與南投縣竹山等鄉鎮，亦都有栽培，足見此一樹木性果實蔬菜已備受重視。

破布子最大的用途是採取果實加工製造破布子丸（流程大致爲原料洗淨→去果蒂→煮熟（殺青）→加佐料→攪拌→成型→冷卻→真空包裝→冷凍（零下 20℃）、破布子漬（流程大致爲原料處理→煮熟→冷卻→鹽漬→退鹽→料理→裝罐→真空品管→包裝）、蔭油調味包與高級醬料，甚至做成破布子炒蛋、破布子蒸魚、破布子小菜及各式破布子菜餚等供人食用。惟破布子的生產與加工作業，除煮熟、攪拌、包裝與冷凍等可以機械作業外，其他仍需仰賴人工，特別是將果實一粒粒用手去除果蒂剝下果實（在水中剝下果實可避免粘液沾手與氧化褐變），作業相當費時費工，有鑑於此，本研究目的爲研發破布子脫粒篩選機，以解決人工摘果粒去果蒂的問題，除節省人工外，並降低生產成本。

材料與方法

試驗設備

試驗所需設備包括 FUDOH NRM-2002J 型粘質物性測定機（RHEO METER, Kogyo Co., Ltd, Tokyo, Japan）與相關配件、METTLER LJ16 型微電腦水份測定電子秤（Mettler-Toledo AG, Greifensee, Switzerland，精度 0.001g）、Minota® Chromameter CR-200 (Minolta Camera. Co., Ltd., Osaka, Japan)、變頻馬達、計時碼錶、游標卡尺及數位式轉速計等。

供試材料與試驗地點

供試材料包括破布子（台灣本地種）、五金零件與鐵材，試驗地點在臺中縣霧峰鄉。

試驗設計與資料分析

破布子果粒性狀調查與果梗拉斷力測定：以粘質物性測定機及相關配件，進行果梗之拉（斷）力測定，並調查果梗直徑、果梗長度、果實重量、果實長徑、果實短徑、果蒂底徑及果蒂高度等相關因子，俾以進行統計分析，並進一步釐清各因子之相關與影響。

破布子果粒色澤與成熟度調查：將果粒區分爲熟透果（呈淡紅色）、準成熟果（呈黃色）、略熟果（呈黃綠色）及未成熟果（呈綠色），並以以 Minota® Chromameter CR-200 分別於果粒頂面與側邊進行果色測定。果色以色值 L、a*及 b*表示，L 代表亮度值（lightness），a*代表紅綠值，b*代表

黃藍值。L 值從 0（黑色）~100（白色），L 值愈高表示果色愈明亮。a*值正時表示偏紅色，負值表示偏綠色。b*值正時表示偏黃色，負值表示偏藍色 (Liu ＆ Peng 2002)。

機械之研製與改良：含破布子脫粒、挾送、篩選裝置及相關組件之設計研製與改良。

機械試驗與性能測定：針對脫粒機與脫粒篩選機進行試驗與相關性能之測試。

結　　果

破布子果粒性狀調查與果梗拉（斷）力測定

將不同果色之破布子試驗材料，使用粘質物性測定機及相關配件，以 2 cm/min 之測試速度進行破布子之果梗拉斷力測定（如圖 1 所示），經測試其果梗拉斷力分佈情形如圖 2 所示。經調查、測試與統計結果得知，綜合色（綜合不同果色，含淡紅色、黃色及綠色）、黃色與綠色破布子果粒之性狀參數如表 1 所示。

破布子果粒色澤與成熟度調查

將果粒目視區分爲熟透果（呈淡紅色）、準成熟果（呈黃色）、略熟果（呈黃綠色）及未成熟果（呈綠色），並以 Minota® Chromameter 分別於果粒頂面與側邊進行色值測定，測定結果經統計於果粒頂面與側邊之色值如表 2 與圖 3 所示。

機械之研製與改良

設計研製之破布子脫粒機主要有齒桿式（含單純型、附加圓形擋桿型、附加低壓水柱淋沖型與低壓扇型噴嘴輔助脫粒型）、水壓衝擊式（含多數刷桿橫置並排壓力水柱衝擊）與刷桿式（含雙層堆疊多數橫置並排、單組橫置與單組縱列）等（Tsay *et al.* 2005）。茲將較具應用潛力之刷桿單組縱列式脫粒機與刷桿單組縱列式脫粒篩選機說明如下：

圖 1. 破布子果梗拉斷力測定實況（左）與受測材料（右）。

Fig.1. Tensile testing (left) of *Cordia Dichotoma* fruit (right) from their stems.

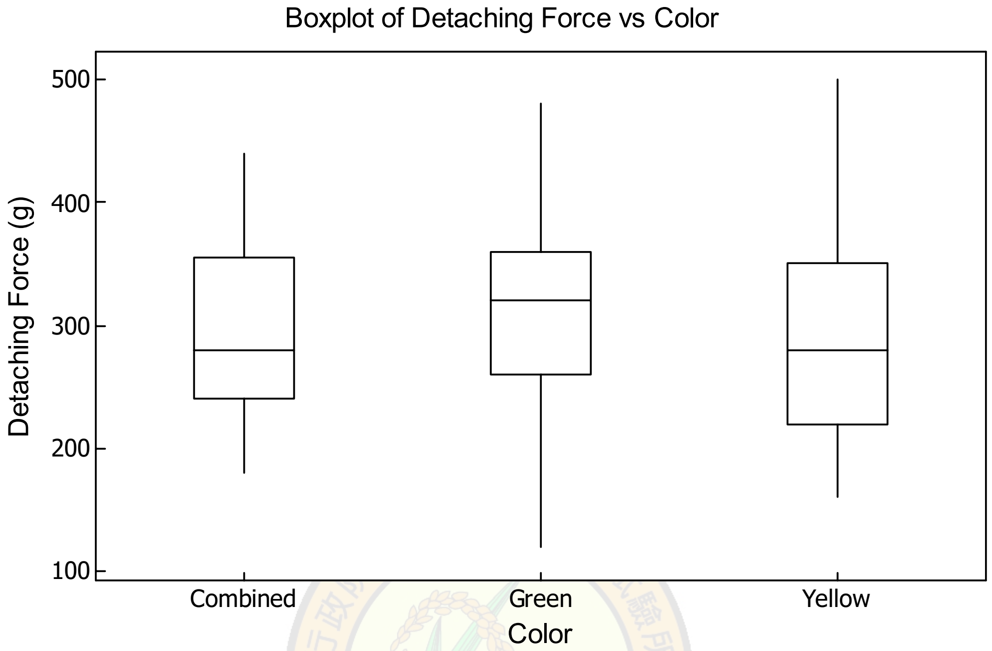


圖 2. 不同果色之果梗拉斷力分佈情形。

Fig.2. Detaching force of *Cordia Dichotoma* fruit from their stems at different fruit color stages.

刷桿單組縱列式脫粒機：如圖 4 所示，主要由單組相對旋轉之縱向斜裝刷桿、挾送裝置與出料斜槽等組成，刷桿長 660 mm、外徑 105 mm，縱向斜裝交錯 3 mm（刷桿之中心距 99 mm），刷桿係直徑 65 mm 之 PE 套軸（軸孔 16 mm），其上鑽孔 5 mm，共 10 排（行距 20.4 mm），並植入高 20 mm 之毛刷；挾送裝置則由 PU 皮帶（長 2100 mm、寬 50 mm 及厚 3 mm）與緊壓輸送輪（§ 50×50－32 個）組成。刷桿採縱向斜裝（斜率 6 度）設計，致使刷桿頂端至挾送皮帶下端自然形成 11 cm 高之入料口；脫粒作業採用 DC 90V-100 w 調速馬達驅動挾送果串之皮帶，並藉由 DC 90V-60 w 調速馬達驅動刷桿，進行果串之相對旋轉脫粒作業。

刷桿單組縱列式破布子脫粒篩選機（如圖 5 所示），係由刷桿單組縱列式脫粒機改良研製而成，主要由單組相對旋轉之縱向斜裝刷桿、挾送裝置、噴水管路、出料斜槽、篩選裝置與料盤等組件所組成，刷桿長 1205 mm、外徑 105 mm，縱向斜裝交錯 3 mm（刷桿之中心距 99 mm），刷桿係直徑 65 mm 之 PE 套軸（軸孔 16 mm），其上鑽孔 5 mm，共 10 排（行距 20.45 mm），並植入高 20 mm 之毛刷；挾送裝置則由 PU 皮帶（長 3580 mm、寬 50 mm 及厚 3 mm）與緊壓輸送輪（§ 50×50－50 個）組成；噴水管路則設於兩刷桿之左、右側上方，由外徑 17 mm、長 1250 mm 之兩不銹鋼管（水孔徑 3 mm、孔距 50 mm）組成；篩選裝置主要由長 1730 mm、寬 305 mm 之輸送柵鏈（柵鏈網目 16×16 mm）與 AC110V-0.2 kw 調速馬達組成。刷桿採縱向斜裝（斜率 8 度）設計，致使刷桿頂端至挾送帶下端自然形成 20 cm 高之入料口。動力源採用壹只 AC110V-1/4HP 調速馬達驅動挾送果串之皮帶，以及藉由 DC 110V-100 w 調速馬達驅動刷桿，並搭配 0.2 kw 之調速馬達驅動篩選裝置，以進行果串之相對旋轉脫粒與篩選一貫作業。

表 1. 不同顏色破布子果粒之性狀參數
Table 1. Characteristic parameters of *Cordia Dichotoma* fruit

Parameter [z]	Mean	SE mean	St dev	Var coef	Min.	Median	Max.	Range
Combined color								
Fruit long diameter	13.2	0.20	1.25	9.45	9.5	13.5	15.0	5.5
Fruit short diameter	10.5	0.14	0.86	8.13	7.5	10.5	11.5	4
Fruit weight	1.16	0.04	0.28	24.16	0.37	1.2	1.66	1.29
Fruit cup diameter	10.3	0.11	0.71	6.90	8	10.5	11	3
Fruit cup height	4.0	0.07	0.41	10.24	3.5	4.0	5	1.5
Stem diameter	1.8	0.04	0.23	13.02	1.4	1.8	2.1	0.7
Stem length	20.5	0.55	3.48	16.95	14	20.0	31	17
Detaching force	289	12.0	75.9	26.27	180	280	440	260
Yellow								
Fruit long diameter	13.4	0.14	0.79	5.88	11.5	13.5	15.2	3.7
Fruit short diameter	10.7	0.10	0.57	5.33	9.5	11	12	2.5
Fruit weight	1.21	0.03	0.19	15.76	0.75	1.20	1.70	0.95
Fruit cup diameter	10.5	0.07	0.39	3.67	9.5	10.5	11.0	1.5
Fruit cup height	4.2	0.08	0.45	10.71	3.5	4.0	5	1.5
Stem diameter	1.9	0.06	0.35	18.57	1.2	2.0	2.5	1.3
Stem length	19.7	0.71	4.09	20.77	10	20.0	28	18
Detaching force	287	15.99	91.9	32.01	160	280	500	340
Green								
Fruit long diameter	13.0	0.17	1.01	7.78	11.0	13.0	15.5	4.5
Fruit short diameter	10.6	0.07	0.44	4.18	9.5	10.5	11.5	2.0
Fruit weight	1.12	0.04	0.22	19.49	0.69	1.10	1.76	1.07
Fruit cup diameter	10.4	0.09	0.52	5.04	9.0	10.5	11.5	2.5
Fruit cup height	3.7	0.05	0.31	8.38	3.0	4.0	4.0	1.0
Stem diameter	1.7	0.05	0.28	16.14	1.0	1.8	2.2	1.2
Stem length	18.4	0.53	3.20	17.37	13.0	18.0	26.0	13.0
Detaching force	319.7	13.07	75.9	24.87	120	320	480	360

[z] Parameters were expressed by mm (millimeter), except the fruit weight and detaching force which were expressed by g (gram).

行政院農業委員會農業試驗所 AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE 1895

表 2. 不同果色之果粒頂面與側邊色值

Table 2. Color difference values on top and side of *Cordia Dichotoma* fruit

Color of fruit peel		Mean	SE mean	St dev	Var coef	Min.	Median	Max.	Range
Fruit top									
Rose pink	L scale	64.86	0.51	3.22	4.96	55.93	64.60	69.57	13.64
	a* scale	9.29	0.30	1.89	20.36	5.92	8.91	13.10	7.18
	b* scale	22.14	0.26	1.62	7.30	18.84	21.91	26.39	7.55
Yellow	L scale	65.56	0.55	3.47	5.30	54.05	65.52	70.56	16.51
	a* scale	8.33	0.34	2.13	25.60	5.01	8.64	13.15	8.14
	b* scale	22.74	0.25	1.60	7.04	19.84	22.63	28.16	8.32
Lemon yellow	L scale	69.33	0.26	1.65	2.38	64.13	69.65	71.36	7.23
	a* scale	5.24	0.39	2.48	47.33	-1.92	5.19	9.50	11.42
	b* scale	26.53	0.53	3.38	12.72	20.92	26.41	35.66	14.74
Green	L scale	64.70	1.05	4.71	7.28	52.97	64.65	69.97	17.00
	a* scale	-4.52	0.98	4.39	-97.13	-13.65	-3.92	0.58	14.23
	b* scale	37.95	0.70	3.15	8.31	33.72	37.56	43.20	9.48
Fruit side									
Rose pink	L scale	66.55	0.76	2.40	3.61	63.27	66.02	70.08	6.81
	a* scale	12.30	0.55	1.73	14.07	9.52	12.29	14.50	4.98
	b* scale	21.78	0.42	1.33	6.11	19.56	21.71	24.80	5.24
Yellow	L scale	70.29	0.41	1.31	1.86	67.73	70.65	71.59	3.86
	a* scale	6.39	0.24	0.75	11.81	5.54	6.21	7.87	2.33
	b* scale	25.99	1.13	3.57	13.75	22.61	24.56	31.47	8.86
Lemon yellow	L scale	70.76	0.32	1.02	1.44	68.92	70.73	72.49	3.57
	a* scale	2.81	0.64	2.01	71.63	-1.35	2.83	5.70	7.05
	b* scale	29.45	1.09	3.43	11.65	25.28	28.78	37.41	12.13
Green	L scale	61.71	1.60	5.06	8.20	51.99	63.74	66.39	14.40
	a* scale	-6.92	1.31	4.14	-59.78	-13.62	-6.53	-0.29	13.33
	b* scale	39.23	0.88	2.77	7.06	33.34	39.62	43.5	10.16

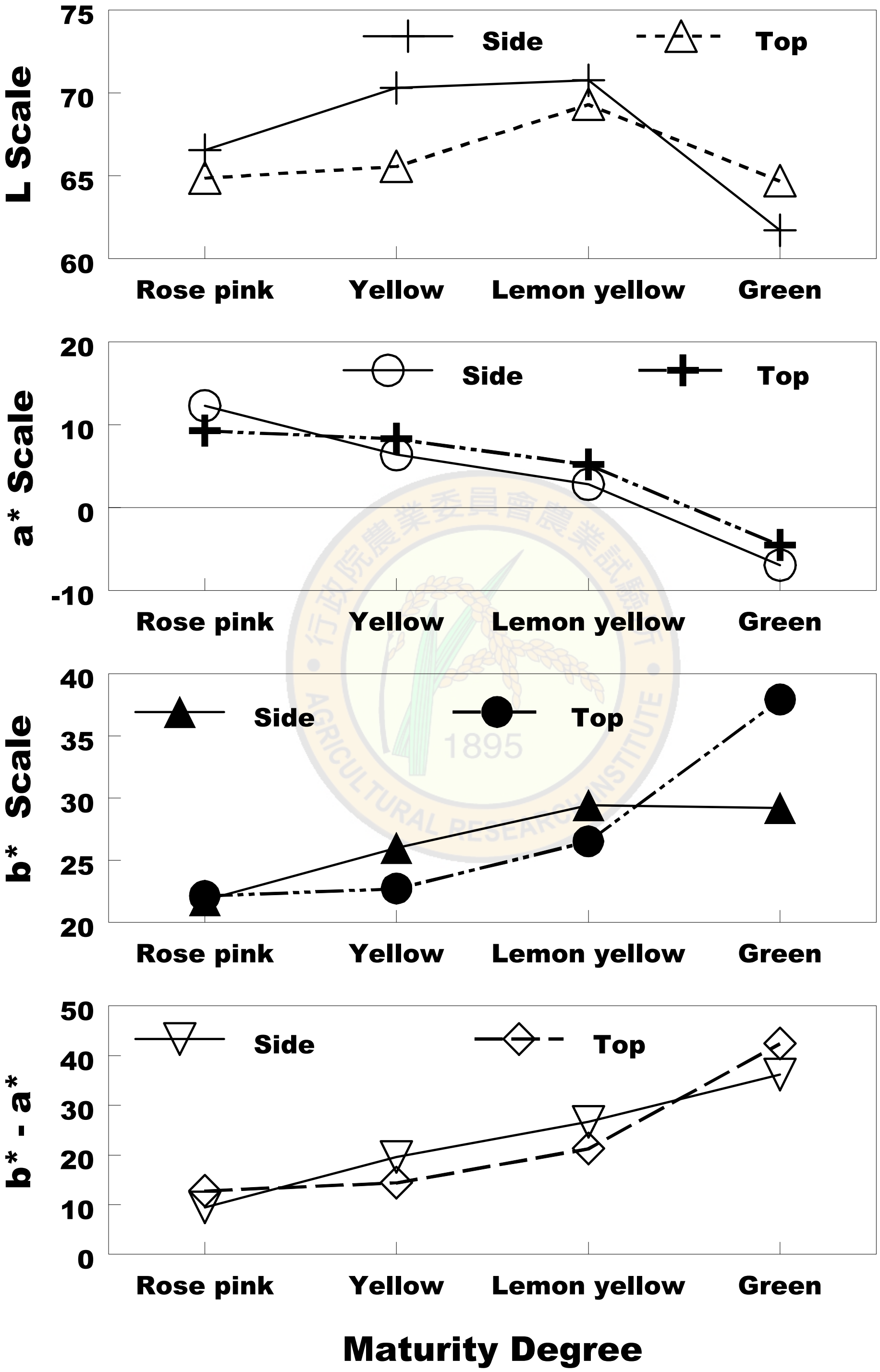
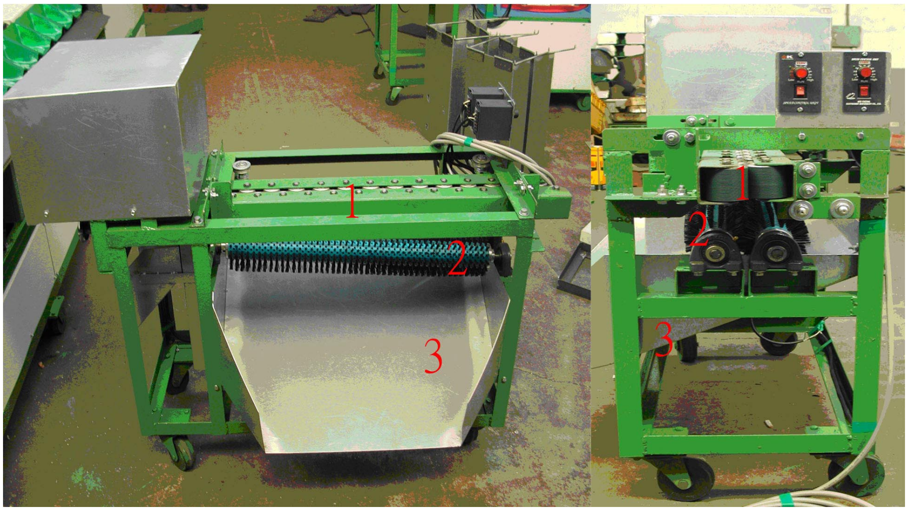


圖 3. 不同果色果粒頂面與側邊之色值。

Fig.3. Color difference values on top and side of *Cordia Dichotoma* fruit at different mature stages.



Item annotation：1 Feeding belts　2 Snapping brush rollers　3 Fruits-collecting chute

圖 4. 刷桿單組縱列式破布子脫粒機。

Fig. 4. The snapping machine for *Cordia Dichotoma* with a pair of longitudinal brush rollers.

Item annotation：1.Feeding belts　2. Snapping brush rollers　3. Water pipe system　4. Fruits-collecting chute　5.Screening device　6. Fruits Tray

圖 5. 破布子脫粒篩選機。

Fig. 5. The snapping and screening machine for *Cordia Dichotoma.*

機械試驗與性能測定

刷桿單組縱列式破布子脫粒機之試驗與性能測試：試驗初期以刷桿單組縱列式破布子脫粒機進行有關脫粒轉數（43 rpm 及 107 rpm）、進料轉數（23 rpm 及 33 rpm）、毛刷交錯長度（0 mm、5 mm、10 mm 及 15 mm）、毛刷長度（20 mm、25 mm 及 30 mm）及毛刷排列型式（ L10：毛刷 10 排、L7：毛刷 7 排）等組合探討良好率、損傷率、未脫率、夾雜率與帶蒂率，初期試驗結果如圖 6 至圖 10 所示。刷桿單組縱列式破布子脫粒機經數度改良後，機械性能測試結果如表 3 所示，在脫粒作業性能方面，良好率為 92.7%，損傷率為 0%，未脫率為 3.2%，夾斷帶蒂率為 4.1%。脫粒作業能力方面，機械純脫粒能力達 8.36 kg/hr，分別為人工脫粒專業工的 2.2 倍與非專業工的 5.4 倍，而含後續處理之機械作業能力達 5.26 kg/hr，與人工脫粒比較分別為專業工的 1.4 倍與非專業工的 3.4 倍。

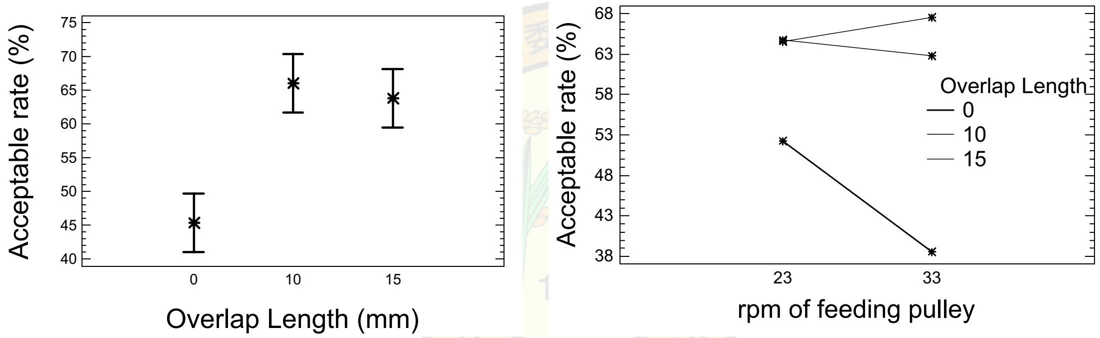


圖 6. 脫粒良好率之 95%信賴區間之平均值（左）與交感作用（右）圖。

Fig. 6. Mean (left) and interaction (right) plots for acceptable rate of the snapping machine using a pair of longitudinal brush rollers.

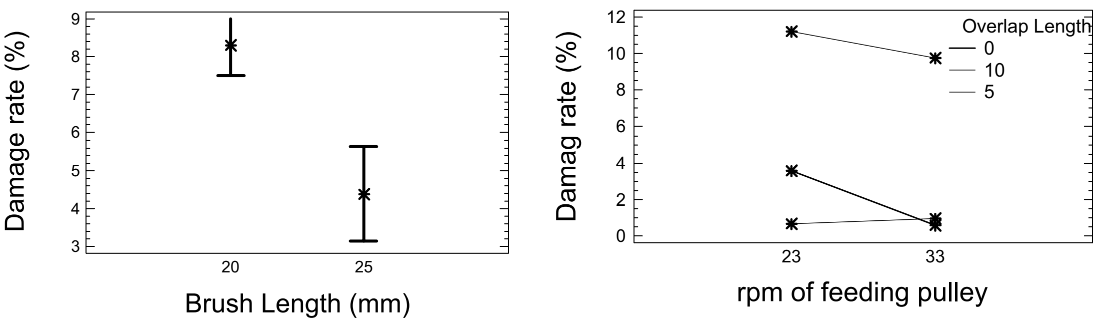


圖 7. 脫粒損傷率之 95%信賴區間之平均值（左）與交感作用（右）圖。

Fig. 7. Mean (left) and interaction (right) plots for damage rate of the snapping machine using a pair of longitudinal brush rollers.

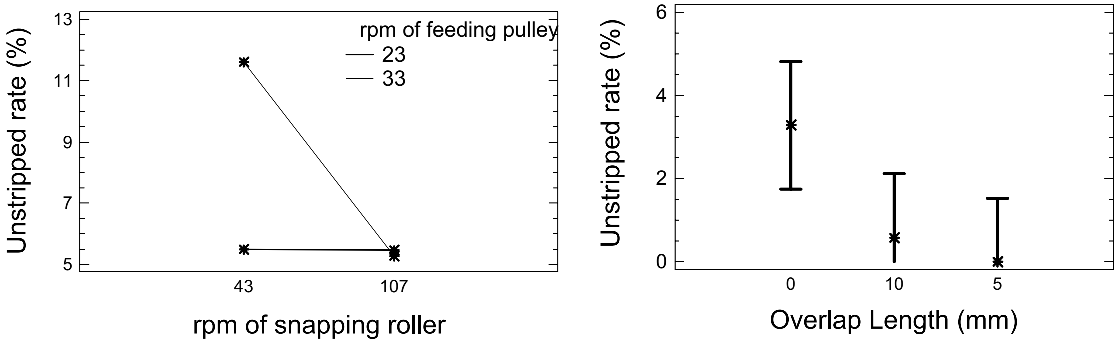


圖 8. 未脫率之交感作用（左）與 95%信賴區間之平均值（右）圖。

Fig.8. Interaction (left) and mean (right) plots for unstriped rate of the snapping machine using a pair of longitudinal brush rollers.

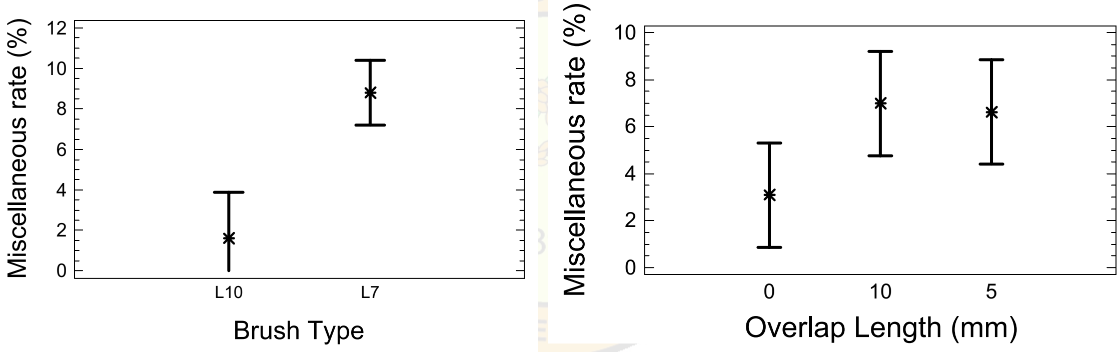


圖 9. 夾雜率之 95%信賴區間平均值圖。

Fig. 9. Mean plots for miscellaneous rate of the snapping machine using a pair of longitudinal brush rollers.

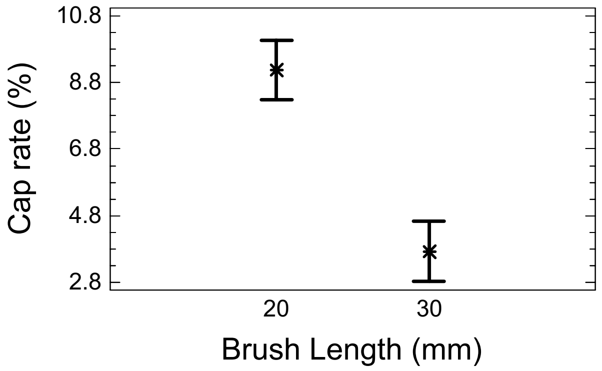


圖 10. 帶蒂率之 95%信賴區間平均值圖。

Fig. 10. Mean plot for cap rate of the snapping machine using a pair of longitudinal brush rollers.

表 3. 刷桿單組縱列式破布子脫粒機之作業能力分析表

Table 3. Analysis of operating capability of the snapping machine using a pair of longitudinal brush rollers.

Evaluation item	Description of related parameters	Values of related parameters
Operating setting	Rotating speed of snapping roller (rpm)	107
	Rotating speed of feeding pulley (rpm)	23
	Brush arrangement type (row)	L7 型 (7)
	Brush length (mm)	20
	Brush overlap length (mm)	3
	Diam. × length (mm) of brush rollers	105×660
	Inclination angle of brush rollers (°)	6°
	Height of feeding inlet (mm)	110
Operating performance	Weight of acceptable fruits (Kg)	5.85
	Weight of damaged fruits (Kg)	0
	Weight of unstripped fruits (Kg)	0.2
	Weight of miscellaneous parts (Kg)	0.26
	Total Weight of processed fruits (Kg)	6.31
	Acceptable rate (%)	92.7
	Damage rate (%)	0
	Unstripped rate (%)	3.2
	Miscellaneous rate (%)	4.1
Operating capability	Snapping time (min)	42
	Follow-up handling time (min)	Handling miscellaneous parts: 18 Handling unstripped fruits: 12 Total: 30
	Pure snapping capability (Kg/hr)	8.36 (2.2 times as professional, 5.4 times as amateur)
	Operating capability with follow-up handling (Kg/hr)	5.26 (1.4 times as professional, 3.4 times as amateur)
	Snapping capability by labor (Kg/hr)	3.75 (professional), 1.54 (amateur)

破布子脫粒篩選機之試驗與性能測試：破布子脫粒篩選機之作業實況與篩選後之果粒如圖 11 所示，機械性能經測試結果如表 4 所示，在脫粒作業性能方面，良好率爲 88.8%，損傷率爲 0%，未脫率爲 1.1%，夾斷帶蒂率爲 10.1%；篩選作業性能方面，良好率爲 98.1%，帶蒂率爲 0.7%，夾斷帶蒂率爲 1.2%；整體機械作業能力達 9.1 kg/hr，分別爲人工脫粒專業工的 2.4 倍與非專業工的 5.9 倍。

表 4. 刷桿單組縱列式破布子脫粒篩選機之作業能力分析表

Table 4. Analysis of operating capability of the snapping and screening machine

Evaluation Item	Description of related parameters	Values of related parameters
Snapping operating setting	Rotating speed of snapping roller (rpm)	107
	Rotating speed of feeding pulley (rpm)	23
	Brush arrangement type (row)	L10 型 (10)
	Brush length (mm)	20
	Brush overlap length (mm)	3
	Diam. × length of brush rollers (mm)	105 × 1205
	Inclination angle of brush rollers (°)	8°
	Height of feeding inlet (mm)	200
Screening operating setting	Rotating speed of screening pulley (rpm)	22
	Length × width of Bar-Chain (mm)	1730 × 305
	Screening mesh size (mm)	16 × 16
Snapping performance	Weight of acceptable fruits (g)/ acceptable rate (%)	2010+15/88.8
	Weight of damaged fruits (g)/ damage rate (%)	0/0
	Weight of unstripped fruits (g)/ unstripped rate (%)	25/1.1
	Weight of miscellaneous parts (g)/ miscellaneous rate (%)	205+25/10.1
	Total weight of processed fruits (g)	2280
Screening Performance	Weight of acceptable fruits (g)/ acceptable Rate (%)	2010/98.1
	Weight of fruits with cap (g)/ with-cap Rate (%)	15/0.7
	Weight of miscellaneous parts (g)/ miscellaneous rate (%)	25/1.2
Operating capability	Snapping time (min)	10
	Follow-up handling time (min)	Handling miscellaneous parts: 4 handling unstripped fruits: 1 Total: 5
	Pure snapping capability (Kg/hr)	12.2 (3.3 times as professional, 7.9 times as amateur)
	Operating capability with follow-up handling (Kg/hr)	9.1 (2.4 times as professional, 5.9 times as amateur)
	Snapping capability by Labor (Kg/hr)	3.75 (professional), 1.54 (amateur)

1895 AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE

圖 11. 破布子脫粒篩選機作業狀況中（左）與篩選後之果粒（右）。

Fig.11. The snapping and screening machine for *Cordia Dichotoma* in operating (left) and screened fruits (right).

討　論

本研究主要係規畫設計、研製與改良破布子脫粒機構、挾送裝置、篩選裝置及相關零組件。除此之外，並針對影響破布子脫粒與篩選性能之關鍵因素如破布子果梗的拉斷力、果實的成熟度、果實長短徑、果實重量、果蒂底徑、果蒂高度、果梗直徑與相關性狀參數等進行測試與調查，以供機械規劃設計之參考。

由表 1 的結果可知，破布子果實長徑之最大值達 15.5 mm，而最小值為 9.5 mm，此資料可供設計篩選裝置的網目大小參考；至於其他參數如果梗直徑、果梗長度、果蒂底徑、果蒂高度、果實重量、果實長徑及果實短徑等經統計與拉斷力並無顯著相關。圖 12 顯示不同果色果梗拉斷力之平均值分析，其係假設果梗拉斷力為常態分佈並以 95%信賴水準進行平均值比較，由於各位準平均值與中間總平均值線之差異並未超越上下兩差異決定線，因此不同果色之果梗拉斷力與總平均值並無統計上之顯著差異。然而就實際觀察可知，所有受測破布子果梗的拉斷力最大值為 500 g，而最小值為 120 g，就未成熟的綠色果而言，其果梗的拉斷力平均值為 319.7 g（變異係數 24.87%）大於成熟的黃色果之果梗拉斷力平均值 287 g（變異係數 32.01%），其可能意謂綠色果較難脫粒。又其最大值（500 g）與最小值（120 g）差異大，此不利採用動力機械進行脫粒，所以在脫粒速度與相關條件之設定上，宜參考果梗的拉斷力以找出最佳作業條件。

關於果實成熟度方面，由於破布子採收時其果實成熟度極不一致，且會影響機械之作業性能，故有必要進行探討，依目測果實外表之顏色可區分為淡紅色果（熟透果）、黃色果（準成熟果）、黃綠色果（略成熟果）及綠色果（未成熟果），然為求精準最好以量測果粒之色值作為依據較為妥當，經測試調查宜以圖 3 果粒側邊之色值 a*與 b* 作為判定果實成熟度之依據，即色值 b*與 a*之差值約 10 判定為淡紅色果（熟透）、色值 b*與 a*之差值約 20 判定為黃色果（準成熟）、色值 b*與 a*之差值約 27 判定為黃綠色果（略成熟），以及色值 b*與 a*之差值約 35 判定為綠色果（未成熟），亦可單以 a*值為主要判定依據，然後依成熟果與未成熟果之多寡來決定最佳之採收日期，以利機械脫粒作業，並可兼顧提升收穫果實之整體品質。

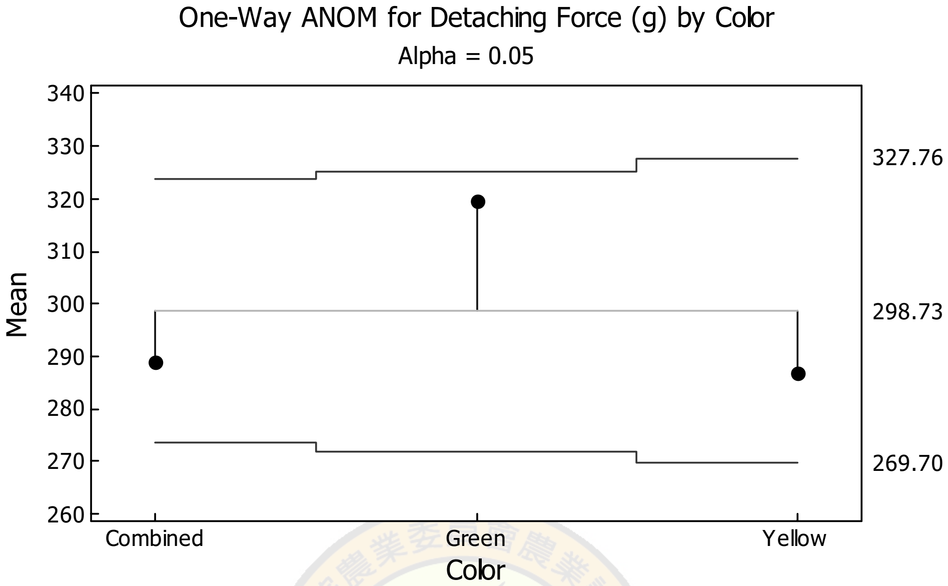


圖 12. 不同果色果梗拉斷力之平均值分析。

Fig.12. One way ANOM for detaching force of *Cordia Dichotoma* fruit from their stems at different fruit color stages.

在脫粒機方面，試驗初期有關脫粒作業條件與脫粒性能之影響試驗摘述如下：良好率方面：毛刷交錯長度較多者 (10 與 15 mm)，脫粒良好率較佳（平均值分別爲 66.1%與 63.8%，如圖 6 左所示），惟於較快進料轉數（33 rpm）下，以交錯長度 10 mm 者最佳（平均値爲 67.6%，如圖 6 右所示）。損傷率：脫粒轉數較大、進料轉數較小、毛刷長度較短（如圖 7 左所示）與毛刷交錯長度較多者，脫粒損傷率較大，而以毛刷交錯長度爲 0 或 5 mm 配合較快進料轉數（33 rpm）者，可得到較低脫粒損傷率（大約 1%），如圖 7 右所示。未脫率：脫粒轉數較大（如圖 8 左所示）、進料轉數較小（如圖 8 左所示）、毛刷長度較短與毛刷交錯長度較多者，未脫率較小，而以毛刷交錯長度爲 5~10 mm 者爲佳，如圖 8 右所示。夾雜率：脫粒轉數較大、毛刷長度較短、L7 型毛刷排列（如圖 9 左所示）與毛刷交錯長度較多（如圖 9 右所示）者，夾雜率較多。帶蒂率：毛刷長度較長者，帶蒂率較小，如圖 10 所示。

據此，綜合推估較佳之脫粒作業設定爲脫粒轉數 107 rpm（線速度 0.59 m/s）、進料挾送轉數 23 rpm（線速度 0.06 m/s）、毛刷長度 20 mm 與毛刷交錯長度 3 mm，以此條件爲基礎，配合經數度改良後之脫粒機進一步進行脫粒作業性能測試，得知其良好率 92.7%、損傷率 0%、未脫率 3.2%與夾斷帶蒂率 4.1%；脫粒作業能力方面，機械純脫粒能力達 8.36 kg/hr，分別爲人工脫粒專業工的 2.2 倍與非專業工的 5.4 倍，顯然效果良好。惟脫粒作業後 4.1%之夾斷帶蒂粒與 92.7%之良好粒係攙雜在一起，故必須進行後續之挑選處理，頗爲費工。爲此，本研究於脫粒機構外加設篩選裝置，除進行脫粒外，並可一併去除脫粒作業過程中所產生之斷梗果粒與夾雜物；同時爲避免果粒摘脫後粘液沾在脫粒組件上與防止果粒迅速氧化褐變，另設計有噴水管路與出料斜槽構成破布子脫粒篩選機。

在篩選作業性能方面，經採用網目 16× 16 mm 之輸送柵鏈進行試驗，其良好率為 98.1%，帶蒂率為 0.7%，夾斷帶蒂率為 1.2%，然而據實際觀察 1.2%之斷梗果粒均由輸送柵鏈回帶引起，故篩選裝置之設置已達原設計之目標。惟由於脫粒篩選機（圖 5）之脫粒刷桿長 1205 mm、傾斜角 8 度與入料口達 20 cm 高，可進行較長果串之脫粒作業，相較於原脫粒機（圖 4）之脫粒刷桿長 660 mm、傾斜角 6 度與及入料口僅 11 cm 高，其整體之機械作業能力已提升至 9.1 kg/hr，分別為人工脫粒專業工的 2.4 倍與非專業工的 5.9 倍，但其夾斷帶蒂率反而提高至 10.1%，故最佳入料口高度與脫粒刷桿之安裝傾斜角度仍有待進一步深入探討。

誌　謝

本研究承蒙財團法人中正農業科技社會公益基金會 92－中基－農－13 與 93-中基-農-8 計畫補助部份經費，以及本組柯平福先生、簡文章先生、魏阿娟小姐協助試驗始得以完成，謹此誌謝。

引用文獻 (Literature cited)

Huang, C. C. and J. G. Tsay. 1999. Diseases and insect pests and their damage to *Cordia dichotoma* in Chiayi area. J. Chiayi Inst. Tech. 65:105~114. (in Chinese with English abstract)

Liu, M. C. and J. C. Peng. 2002. The study on the optimum operation conditions of tea roasting machine by using response surface methodology. J. Agric. Mach. 11(2): 45~55. (in Chinese with English abstract)

Tsay, J. R., L. H. Lu, W. H. Shyu, and. L. S. Liang. 2005. Development of a snapping machine for *Cordia dichotoma.* p.85-99. in the Proceedings of Symposium on 2005 Annual Result of Research Projects of Chung Cheng Agriculture Science & Social Welfare Foundation. Taichung. (in Chinese with English abstract)

Development of a Snapping and Screening Machine for *Cordia dichotoma*[1]

Lung-Hu Lu[2], Jyh-Rong Tsay[2,4], Wu-Huann Shyu[2],
Lien-Sheng Liang[2] and Yee-Ting Wang[3]

Abstract

Lu, L. H., J. R. Tsay, W. H. Shyu, L. S. Liang, and Y. T. Wang. 2006. Development of a snapping and screening machine for *Cordia Dichotoma.* J. Taiwan Agric. Res. 55:234-249

To solve the time-consuming, labor-intensive problem of detaching fruits from stalks, a snapping and screening machine for C*ordia Dichotoma* was designed and manufactured to reduce the labor requirement and production cost. The machine was made of a pair of longitudinal brush rollers, a pair of feeding belts, a screening device, a water pipe system and a fruits-collecting chute. A better combination of settings for snapping operation includes a rotating speed of snapping roller at 107 rpm, a rotating speed of feeding pulley at 23 rpm, a brush length of 20 mm, and a brush overlap length of 3 mm. The Operating performance of developed snapping machine was determined to be with an acceptable rate of 92.7%, an unstriped rate of 3.2% and a miscellaneous rate of 4.1%. Attached screening device, manufactured by using a bar-chain conveyor with a mesh size of 16× 16 mm, was proved to achieve the design goal. Overall operating capability (9.1 kg/hr) of the snapping and screening machine is about 2.4 (5.9) times as that of a professional (amateur) worker.

Key words: *Cordia dichotoma*, Snapping and screening machine.

---

1. Contribution No. 2271 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted: 15, Oct. 2006.
2. Respectively, Associate Researcher, Senior Engineer and Director, Assistant Researcher, Senior Engineer, Agricultural Engineering Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Assistant Researcher, Horticulture Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
4. Corresponding author, e-mail: jrtsay@wufeng.tari.gov.tw；Fax:(04) 23325144.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 55(4):250~262(2006)

梅種原評估及其親緣關係研究[1]

溫英杰[3] 張靜誼[2] 蕭婉婷[2]

摘 要

溫英杰、張靜誼、蕭婉婷。2006。梅種原評估及其親緣關係研究。台灣農業研究 55:250~262。

調查 30 個梅種原特性，選出 '青廣' 與 '甲仙' 兩個優良果梅品種，以及 '紅粉台閣'、白閣宮粉'、'Pink double'、'道知邊' 及 'Pink lady' 等五個低需冷性觀賞梅品種作爲經濟栽培及育成不同花色、花香濃、低需冷性觀賞梅花的親本材料。利用 RAPD 技術對 30 個梅品種進行遺傳相似度分析，由 300 條隨機引子中篩選出 36 條引子共擴增 382 條條帶，其中多態性條帶爲 348 條占 91.1%。共獲得 OPG 19 (300)、OPH 5 (950)、OPI 7 (1550)、OPI 18 (750)、OPAA 10 (1050)、OPAB 9 (1100)、OPAD 1 (450)、OPAE 12 (800)等 8 條多型性 DNA 片段，可作爲 '胭脂梅'、'老梅'、'小粒梅'、'紅梅'、'骨裡紅' 等 5 個梅品種的鑑別標誌。群集分析結果顯示，30 個供試品種共分爲八群，遺傳相似度係數介於 0.42-0.91 之間，'Pink double' 與 '紅粉台閣'難以區分，相似度係數達 0.91，親緣關係最近。'紅梅' 與其他品種的親緣關係的遺傳相似度係數爲 0.42，親緣關係最遠。

關鍵詞：梅、種原評估、逢機增殖多型性 DNA。

前 言

梅 (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.) 爲薔薇科 (*Rosaceae*) 李屬 (*Prunus*) 的落葉喬木，其開花期及果實成熟期較同屬的桃、李爲早，是台灣春季重要加工果品，此外梅花還是重要觀賞花木，故其品種可大別爲果梅與花梅兩大類。台灣果梅的栽培面積在 1994 年爲 10,509 公頃，約與梨栽培面積相當，爲重要經濟栽培果樹。但由於對品種及栽培缺乏基礎研究，面對大陸梅競爭，無法提出有效對策而告沒落，栽培面積大幅減少，2004 年栽培面積降爲 7,957 公頃 (C.O.A. 2005)，且仍在繼續下降中，由台灣重要經濟果樹，演變爲以賞花、採果自製的休閒產業。

台灣栽培梅品種皆爲果梅，花皆單瓣，白色，觀賞價值不如變化較多的花梅。從有關的文獻記載中，果梅的栽培已有 3000 年以上的歷史，到了距今 2000 年前的漢代初期，才有單瓣的江梅及重瓣的宮粉兩個花梅類型的記載，顏色多了粉紅及紅色，唐代出現了紫紅色的朱砂型及萼片綠色的綠萼梅，到了民國初年，枝條下垂的垂枝梅和枝條產生彎曲變化的龍遊梅也一一出現 (Chen 1989)。

台灣位處亞熱帶，是梅樹栽培的南限，往南即無梅樹栽培的報導。台灣果梅的栽培，早期皆由果農利用實生育苗種植，幾百年來的演化及人爲選拔，產生了一些優良品種，這些果梅品種皆爲白

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2272 號。接受日期：95 年 10 月 30 日
2. 本所作物種原組副研究員、研究助理。臺灣 臺中縣 霧峰鄉。
3. 通訊作者，電子郵件：icwen@wufeng.tari.gov.tw；傳真：(04)23390791。

花、單瓣，未見較具觀賞價值的花梅品種，其命名方式大體依果皮顏色而定，果皮不著色的稱青梅，如大青梅、二青梅，果皮著紅色者就叫胭脂梅、大紅梅、二紅梅等。因此同一種梅在不同地方可能有不同名稱，而同樣名稱的梅可能包含數個品種，此一情況對引種、種原保存及評估都會產生困擾。

RAPD 是根據 DNA 聚合酵素連鎖反應 (polymerase chain reaction, PCR)，利用人工隨機合成的 DNA 分子作引子 (primer)，將取自組織中的基因組 DNA 爲模板，經過 PCR 反應器，進行 DNA 片段的隨機合成 (Williams *et al.* 1990)。如果引子與某一片段的模板 DNA 具有互補核苷酸序列，則該引子就會結合到單鏈的 DNA 上去，因此可以對整個基因組 DNA 進行多型性分析，用以建立特定基因標誌，或供種和品種的演化、分類和鑑定等。利用一系列引子進行 PCR 反應，能獲得不同長度的 DNA 片段，這些 DNA 片段可作爲鑑定不同分類等級的分子性狀，根據電泳譜條帶的差異，可以計算遺傳距離或相似系數，建立譜系關係樹狀圖，用來鑑別它們的差異程度及親緣關係。

由於不同的分子標記可以在不同的類群中產生獨特的帶型，或者得到種或種以上分類等級特異性的條帶，沒有傳統分類法易受環境及季節影響的缺點，因此 DNA 分子標記用於種級的分類的研究越來越多。國內利用此一技術來鑑定種原親緣關係的果樹作物有桃子 (Wen & Chieh 2003)、李子 (Wen & Liu 2004) 及桶柑 (Wong *et al.* 2003)，其它國家則有許多報導。Lanham＆Brennan (2001)曾對樹莓三個種的 37 個個體進行 RAPD 分類，在品種、品系間已進行分類鑑定的有蘋果 (Harada *et al.* 1993；Koller *et al.* 1993)、梨 (Botta *et al.* 1998；Oliveira *et al.* 1999)、柿 (Luo *et al.* 1995)、栗 (Botta *et al.* 1999)、杏 (Wu & Chen 2003)、仁用杏 (Bartolozzi *et al.* 1998)、芒果 (Schnell *et al.* 1995)、枇杷 (Pan *et al.* 2002)、荔枝 (Anuntalabhochai *et al.* 2002)、葡萄（Fanizza *et al.* 1999；Moreno *et al.* 1995；Qu *et al.* 1996）、胡桃 (Nicese *et al.* 1998)、木瓜 (Sondur *et al.* 1996；Stiles *et al.* 1993)、香蕉 (Damasco *et al.* 1996)、橄欖 (Wiesman *et al.* 1998)、酪梨 (Fielder *et al.* 1998)及阿月渾子 (Tang *et al.* 2003) 等，此說明 RAPD 技術已在許多種果樹的親緣鑑定上得到廣泛的應用。

農業試驗所羅娜種原保存園收集及保存梅種原超過 30 種，來自其他國家的梅種原與本地的梅品種，彼此的親緣關係有待確認，以作爲品種改良及種原核心保存之參考，此爲本試驗之目的。

材料與方法

供試植物材料

試驗所用材料由定植於南投縣信義鄉海拔 850 m 之羅娜種原保存園保存之梅種原 30 種，嫁接於梅實生砧，7-12 年生，其名稱及來源詳如表 1。

種原特性調查

調查項目包括：開花日期、花朵形態、顏色及香味、果梅品種並調查平均果重、可溶性固形物及滴定酸含量等。調查標準如下：開花日期：全株約有 50%的花朵開花。平均果重：20 果平均重量。

DNA 之抽取方法

從不同植株採取新鮮的嫩葉 0.1~0.2 g，利用液態氮脫水乾燥，再研磨成粉末。加入 65℃ DNA 萃取緩衝液 (100mM Tris-HCl，pH8.0；20 mM EDTA；1.4M NaCl；2% (w/v) CTAB；1% (v/v) PEG6000；0.5% (v/v) 2-Mercaptoethanol) 600 μl，輕輕混勻後，置於 65℃水浴鍋中 30 min，取出靜

表 1. 試驗所使用之梅品種名稱及來源
Table 1. The name and origin of 30 cultivars of mei (*Prunus mume*) used in the study

No	Cultivar name	Country of origin	No	Cultivar name	Country of origin
1	Pai fen 白粉	Taiwan	16	Ta hung 大紅	Taiwan
2	Erh hung 二紅	Taiwan	17	Tao hsing mei 桃形梅	Taiwan
3	Ta ching 大青	Taiwan	18	Yuan chung 圓種	Taiwan
4	Tai tung 台東	Taiwan	19	Pin pang 乒乓	Taiwan
5	Erh ching 二青	Taiwan	20	Chin kuang 錦光	Japan
6	Yen chin 胭脂	Taiwan	21	Ching kuang 青廣	Taiwan
7	Fenghung taiga 紅粉台閣	China	22	Ta gong fen 大宮粉	China
8	Pink double	Unknown	23	Chia hsien 甲仙	Taiwan
9	Sha lien 沙連	Taiwan	24	Pink lady	Unknown
10	Lao mei 老梅	Taiwan	25	Long you 龍遊	China
11	Tao chih pien 道知邊	Japan	26	Yang lao chih chui 養老枝垂	Japan
12	Wan fan 萬豐	Taiwan	27	Yu yuan chih chui 玉垣枝垂	Japan
13	Tsiao li mei 小粒梅	Taiwan	28	Hung mei 紅梅	China
14	Peige gongfen 白閣宮粉	China	29	Wei kai hung 未開紅	Japan
15	Ching wu 青霧	Taiwan	30	Ku li hung 骨裡紅	China

置至室溫。加入 600 µl chloroform-isoamyl alcohol (24：1，v/v)，混勻，以 9,000 rpm (MICRO 240A，Denville Scientific Inc.) 離心 10 min。取上層液至新的微量離心管中，加入 400 µl 的異丙醇 (Isopropanol) 混勻，以 9,000 rpm 離心 10 min。去上清液，加入 1 mL 的洗滌緩衝液 (washing buffer) (76% (v/v) ethanol；10mM ammonium acetate) 清洗沈澱物，再以 9,000 rpm 離心 10 min。去上清液，沈澱物以真空乾燥之。沈澱物溶於 50 µl TE 緩衝液 (10mM Tris-HCl，pH7.4；1mM EDTA) 中，加入 RNaseA，使其最後濃度為 50 mg/mL，於 37℃下反應 1hr。將 DNA 稀釋 100 倍，利用光電比色計測定 OD_{260}的吸光值，計算 DNA 的濃度。

聚合酵素連鎖反應（Polymerase Chain Reaction，PCR）與電泳分析

以 30 ng 的 genomic DNA 當模板，在總體積 30 µl 反應溶液中進行聚合酵素連鎖反應。其溶液中另含有 10 mM Tris-HCl，pH9.0；50 mM KCl；0.1% Triton X-100；2.5 mM $MgCl_2$；200 mM dNTP (dATP，dCTP，dGTP，dTTP)；0.2 mM 引子 (primer) 及 0.5 unit Taq DNA polymerase （Promega, USA.），引子採用 Operon kit (Operon kit : OPAA-OPAE, OPA-OPJ 共 300 條)，並在溶液上層加入 50 µl 的礦物油，置入 DNA 熱循環儀 (STRATAGENE, RoboCycler Gradient 96 Temperature Cycler) 中。反應溫度條件為 94℃ 3 min→37℃ 1 min 20 sec→72℃1 min 20 sec，當第一個循環 (cycle)；再以 94℃ 1 min 20 sec→37℃ 1 min 20 sec→72℃ 2 min 20 sec，進行 43 個循環，反應完成時自動保存於 4℃恆溫槽中。

取 12 µl 經聚合酵素連鎖反應增殖的 DNA，加入 1 µl 稀釋 6 倍電泳指示液 (loading dye, 30% Glycerol；0.025% Bromophenol blue)，以 1.5% 瓊脂膠體 (Agarose, Boehringer Mannheim GmbH Germany) 進行電泳，時間約 30 min。電泳後以 0.5 mg/mL ethidium bromide 染色 20-30 min，於 UV 燈下觀察膠體 DNA 多型性片段，照相及貯存影像於 Kodak Digital Science ID Image Analysis（Eastman Kodak Co.）影像分析系統，進行資料比對分析。

資料分析

依 Jaccard (1901) 所提之相似度計算公式計算各族群間的相似度，其公式如下：Nab/ (Na+Nb-Nab)，其中 Na 是樣本 a 的條帶數，Nb 是樣本 b 的條帶數，Nab 是樣本 a 和 b 共有的條帶數。依此法將所有樣本間兩兩的相似度計算出。

並利用 NT-SYS 軟體所提供的未加權平均法 (unweighted pair group method with arithmetic mean, UPGMA)來計算其放大 DNA 片段相似性及建立其親緣關係圖。

結　果

種原特性調查

表 2 爲參試 30 種梅種原之開花期、花朵形態、顏色及香味、平均果重、可溶性固形物及滴定酸含量等性狀的調查結果。所調查的 30 種梅種原開花期介於 12 月下旬至 2 月下旬，其中台灣的果梅品種開花期集中在 12 月下旬至 1 月上旬。開花期早晚與樹體冬季休眠所需之低溫時數有關，藉著與桃指標品種如 ‘Okinawa’ (150 chill unit, cu) 之開花期相比較 (Sherman *et al.* 1988)，推估台灣果梅品種之低溫需求單位介於 50-150 cu 之間。‘小粒梅’ 在 12 月 20 日即有 50%花朵綻放，爲所有參試梅種原中開花最早者，估計低溫需求單位爲 50 cu，來自其他地區之梅種原開花期介於 1 月中旬至 2 月下旬，低溫需求單位估計介於 175-450 cu 之間。台灣果梅品種冬季休眠所需之低溫時數少，花期早，爲台灣冬季重要觀賞樹木，但是只有白色、單瓣花，花香淡。‘紅粉台閣’、‘白閣宮粉’、‘Pink double’、‘道知邊’ 及 ‘Pink lady’ 於 1 月中旬開粉紅重瓣花，推估低溫需求單位介於 175-200 cu 之間，‘紅粉台閣’、‘白閣宮粉’ 及 ‘Pink double’ 花香較本地種濃郁，‘道知邊’ 開粉紅單瓣大花，‘Pink lady’ 在中部低海拔地區開花繁密，‘未開紅’、‘骨裡紅’、‘錦光’ 花色艷紅，爲少見的紅梅品種，皆爲育成低需冷性觀賞梅花的珍貴材料。‘龍遊’ 梅枝條曲折，‘養老枝垂’ 及 ‘玉垣枝垂’ 枝條下垂如柳樹，是兼具賞花及觀賞枝條的品種。參試的觀賞梅品種皆未見結果，所調查的台灣果梅品種平均果重介於 8.3-28 g 之間，‘青廣’ 梅爲所有調查品種中平均果重最重者，果實大且圓正，果實酸度亦高，有潛力成爲主力栽培品種。‘甲仙’ 梅果實品質佳，核小不帶尖，自交親和，開花結實受氣候影響小，若加以適當的肥培管理，平均果重可再大幅提升，亦有潛力成爲主要栽培品種。在調查的 17 個果梅品種中可溶性固形物含量在 6.3～8.7° Brix 之間，可滴定酸的含量則介於 2.0～3.3%之間，品系間差異大。調查結果顯示，這些材料充分顯示參試梅品種具有豐富的型態多樣性。

RAPD 分析

以 Operon kit OPA-OPJ, OPAA-OPAE 共 300 條逢機引子篩選試驗材料，得到 36 個引子對試驗材料之 DNA 可呈現多型性且再現性良好 (OPA 13, OPC 8, OPC 12, OPC 19, OPD 18, OPD 20, OPE 6, OPE 15, OPF 13, OPG 17, OPG 18, OPG 19, OPH 3, OPH 5, OPH 8, OPI 6, OPI 7, OPI 11, OPI 13, OPI 18, OPJ 4, OPJ 5, OPJ 10, OPJ 13, OPJ 19, OPAA 6, OPAA 7, OPAA 10, OPAA 15, OPAA 17, OPAA 18, OPAB 1, OPAB 9, OPAD 16, OPAE 12)。由此 36 個引子所獲得的 RAPD 產物在電泳膠片上總共產生 382 個可辨識之條帶，其中 348 條多型性條帶，占 91.1%。每個逢機引子擴增的 DNA 條帶數在 4-19 條之間，條帶大小介於 150 bp 至 2600 bp。整體而言，所篩選的逢機引子以 OPH, OPI, OPJ, OPAA 及 OPAB 五組的擴增效果最好（表 3）。以 OPH 5 引子進行 PCR 反應結果獲得 19 條多

表 2. 試驗所使用之梅種原特性（2006）

Table 2. Tree and fruit characteristics of mei (*Prunus mume*) germplasm investigated in 2006

Cultivar name	Blossom Date [z]	Flower			Fruit Weight (g)	Soluble Solids (°Brix)	Titrat. Acid (%malic)
		Type	Color	Fragrance			
Pai fen 白粉	12/26	single	white	slightly	22.0±3.2	7.0±0.2	2.2±0.1
Erh hung 二紅	1/9	single	white	slightly	13.6±1.0	7.8±0.3	2.6±0.2
Ta ching 大青	1/2	single	white	slightly	25.6±4.8	7.6±0.2	2.8±0.1
Tai tung 台東	1/2	single	white	slightly	21.5±7.5	7.4±0.2	2.8±0.3
Erh ching 二青	1/9	single	white	slightly	18.7±2.7	6.3±0.2	2.3±0.1
Yen chin 胭脂	1/9	single	white	slightly	14.8±2.2	8.6±0.3	3.3±0.1
Fenghung taiga 紅粉台閣	1/12	double	pink	medium	--- [y]	---	---
Pink double	1/12	double	pink	medium	---	---	---
Sha lien 沙連	12/26	single	white	slightly	19.6±3.2	8.4±0.2	3.0±0.1
Lao mei 老梅	1/2	single	white	slightly	21.2±2.6	8.7±0.3	2.4±0.1
Tao chih pien 道知邊	1/15	single	pink	slightly	---	---	---
Wan fan 萬豐	12/26	single	white	slightly	15.2±2.5	7.6±0.3	2.5±0.2
Tsiao li mei 小粒梅	12/20	single	white	slightly	8.3±1.4	6.5±0.4	2.7±0.3
Peige gongfen 白閣宮粉	1/15	double	pink	medium	---	---	---
Ching wu 青霧	1/9	single	white	slightly	20.4±7.8	6.7±0.1	2.0±0.1
Ta hung 大紅	1/2	single	white	slightly	17.6±3.5	7.8±0.3	2.6±0.3
Tao hsing mei 桃形梅	12/26	single	white	slightly	18.8±2.9	7.0±0.4	2.3±0.2
Yuan chung 圓種	1/9	single	white	slightly	14.9±1.2	7.7±0.1	2.4±0.1
Pin pang 乒乓	1/9	single	white	slightly	25.8±3.7	7.6±0.1	2.6±0.1
Chin kuang 錦光	2/15	double	red	medium	---	---	---
Ching kuang 青廣	1/2	single	white	slightly	28.0±1.9	8.4±0.2	3.0±0.3
Ta gong fen 大宮粉	1/25	double	pink	medium	---	---	---
Chia hsien 甲仙	1/9	single	white	slightly	12.8±1.3	7.7±0.2	2.4±0.2
Pink lady	1/17	double	pink	slightly	---	---	---
Long you 龍遊	2/7	double	white	strong	---	---	---
Yang lao chih chui 養老枝垂	2/22	single	pink	slightly	---	---	---
Yu yuan chih chui 玉垣枝垂	2/15	double	pink	slightly	---	---	---
Hung mei 紅梅	2/22	double	pink	strong	---	---	---
Wei kai hung 未開紅	1/25	double	red	medium	---	---	---
Ku li hung 骨裡紅	2/22	double	red	slightly	---	---	---

[z] 50% of the flower bloosm.

[y] No fruit set.

表 3. 36 個 RAPD 引子在梅品種上增幅結果

Table 3. Observed polymorphism with 36 random primers used for RAPD analysis in the 30 cultivars of mei (*Prunus mume*)

Primer code	Primer Sequence 5'→3'	No. of polymorphic bands	No. of amplified bands	Band size（bp）	
				Min.	Max.
OPA 13	CAGCACCCAC	10	11	300	1400
OPC 8	TGGACCGGTG	12	12	150	1800
OPC 12	TGTCATCCCC	5	6	400	2000
OPC 19	GTTGCCAGCC	6	9	200	2000
OPD 18	GAGAGCCAAC	6	8	290	1200
OPD 20	ACCCGGTCAC	12	13	430	2100
OPE 6	AAGACCCCTC	8	9	510	1700
OPE 15	ACGCACAACC	10	10	410	1400
OPF 13	GGCTGCAGAA	3	4	290	750
OPG 17	ACGACCGACA	7	8	370	1400
OPG 18	GGCTCATGTG	10	11	450	1400
OPG 19	GTCAGGGCAA	14	15	300	2200
OPH 3	AGACGTCCAC	7	9	280	1400
OPH 5	AGTCGTCCCC	19	19	290	1750
OPH 8	GAAACACCCC	13	13	450	2000
OPI 6	AAGGCGGCAG	18	18	180	1750
OPI 7	CAGCGACAAG	15	16	290	200
OPI 11	ACATGCCGTG	7	8	580	2500
OPI 13	CTGGGGCTGA	8	9	510	1750
OPI 18	TGCCCAGCCT	10	11	550	1600
OPJ 4	CCGAACACGG	6	7	420	1950
OPJ 5	CTCCATGGGG	5	6	380	2600
OPJ 10	AAGCCCGAGG	6	8	290	1400
OPJ 13	CCACACTACC	12	13	230	1600
OPJ 19	GGACACCACT	7	8	350	1400
OPAA 6	GTGGGTGCCA	12	12	380	2100
OPAA 7	CTACGCTCAC	11	11	480	2400
OPAA 10	TGGTCGGGTG	5	6	250	1050
OPAA 15	ACGGAAGCCC	6	8	350	1300
OPAA 17	GAGCCCGACT	7	8	350	2000
OPAA 18	TGGTCCAGCC	13	14	290	1500
OPAB 1	CCGTCGGTAG	14	14	400	2100
OPAB 9	GGGCGACTAC	16	18	210	2000
OPAD 1	CAAAGGGCGG	6	8	360	950
OPAD 16	AACGGGCGTC	12	12	250	1900
OPAE 12	CCGAGCAATC	10	10	300	1600
Total		348	382		

型性片段，其中包含可供鑑別 ‘胭脂梅’ 的特殊片段 (950 bp)（圖 1 及表 4）。OPAB 9 引子擴增結果產生 16 條多型性 DNA 片段，其中 1100 bp 之片段為 ‘紅梅’ 品種標誌之特定條帶（圖 2 及表 4），總計 36 條逢機引子擴增結果共獲得 OPH 5 (950), OPAD 1 (450), OPI 18 (750), OPAE 12 (800), OPI 7 (1550), OPAA 10 (1050), OPAB 9 (1100), OPG 19 (300) 等 8 條多型性 DNA 片段，作為 ‘胭脂梅’、‘老梅’、‘小粒梅’、‘紅梅’、‘骨裡紅’ 等 5 個梅品種的鑑別標誌。群組或亞群中也篩選出特殊 DNA 片段，如 ‘台東梅’、‘大青梅’ 亞群的 OPC 19 (1150) 和 OPAE 12 (850)，‘雲龍梅’、‘未開紅’ 亞群的 OPAA 18 (1200)（表 4）。

親緣關係分析

將篩選得到的 36 條逢機引子其 RAPD 產物產生之 382 個可辨識之條帶，進行未加權平均法 (unweighted pair group method with arithmetic mean, UPGMA) 群集分析，並以 Jaccard’s 相似度係數分析，來估算試驗品種間之遺傳相似度係數。再以相似度係數矩陣 (similarity coefficient matrix) 繪製相似度樹狀圖 (dendrogram)，相似度係數越高代表親緣關係越近。分析結果顯示 30 個梅種原可分為八群：第一群包括 ‘白粉’、‘二紅’、‘大青’、‘台東’、‘沙連’、‘老梅’、‘二青’、‘萬豐’、‘胭脂’ 等九個台灣果梅品種。第二群為 ‘紅粉台閣’、‘Pink double’、’白閣宮邊’ 則來自日本 ‘Pink double’

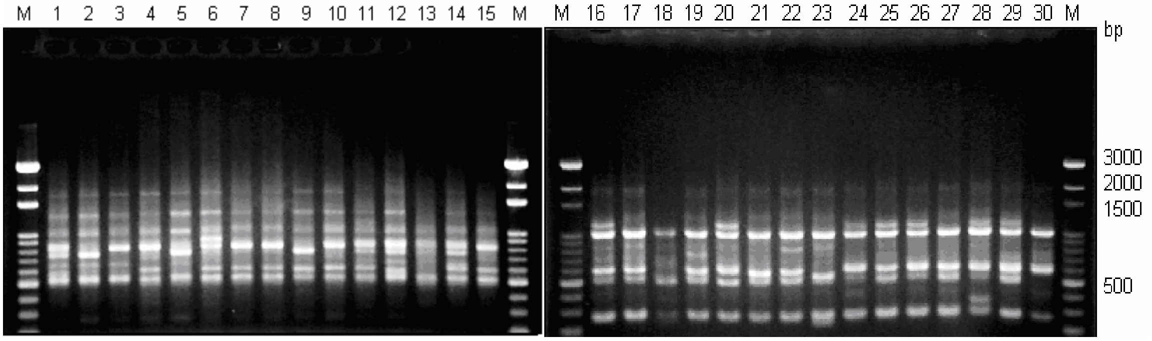


圖 1. 以 OPH5 為引子之 30 個梅品種 RAPD 圖譜。（1~30 為梅品種代號，詳見表 1）

Fig. 1. The RAPD patterns of 30 cultivars of mei (*Prunus mume*) obtained using primers OPH5. Line numbers at top refer to the number in Table1. M= molecular weight marker.

表 4. 分析梅品種之特定 RAPD 片段

Table 4. Specific RAPD fragments for identification of mei (*Prunus mume*) cultivars

Mei cultivars	Primer revealing specific fragments (bp)	Mei cultivars	Primer revealing specific fragments (bp)
Taching 大青	C19 (1150), AE12 (850)	Longyou 龍遊	AA18 (1200)
Taitung 台東	C19 (1150), AE12 (850)	Hungmei 紅梅	I7 (1550), AA10 (1050), AB9 (1100)
Yenchin 胭脂	H5 (950), AD1 (450)	Wei Kai Hung 未開紅	AA18 (1200)
Lao Mei 老梅	I18 (750)	Ku Li Hung 骨裡紅	G19 (300)
Tsiaoli Mei 小粒梅	AE12 (800)		

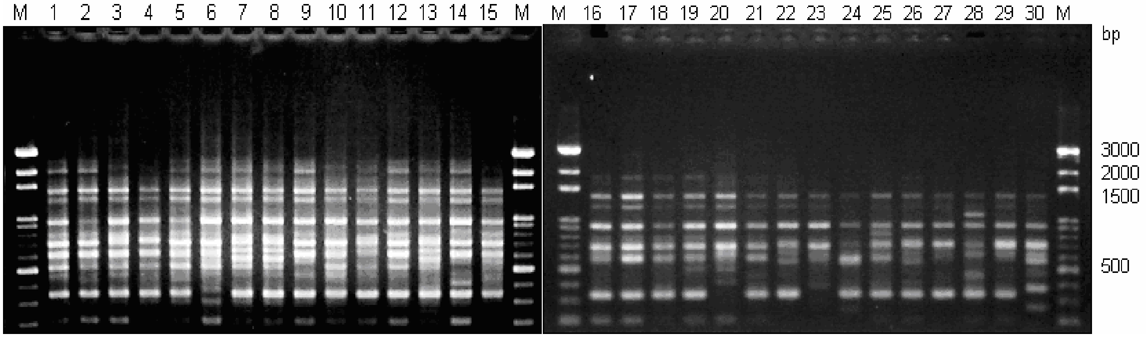


圖 2. 以 OPAB9 爲引子之 30 個梅品種 RAPD 圖譜。(1~30 爲梅品種代號，詳見表 1)
Fig. 2. RAPD patterns of 30 cultivars of mei (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.) obtained using primers OPAB9. Line numbers at top refer to the number in Table1. M= molecular weight marker.

植物性狀與 ‘紅粉台閣’ 難以區分，相似度係數達 0.91，親緣關係最近。第三群包括六個台灣果梅品種 ‘大紅’、‘桃形’、‘乒乓’、‘青廣’、‘甲仙’ 及 ‘圓種’。第四群由 ‘錦光’、‘龍游’、‘未開紅’、‘養老枝垂’、‘玉垣枝垂’、‘大宮粉’ 及 ‘Pink lady’ 等七個觀賞梅品種組成，其中 ‘龍游’ 及 ‘未開紅’、‘養老枝垂’ 及 ‘玉垣枝垂’、‘大宮粉’ 及 ‘Pink lady’ 兩兩成一分群。‘青霧’、‘小粒梅’、‘骨裡紅’ 及 ‘紅梅’ 則各自成一群 (圖 3) 。在所分析的 30 個梅品種中，遺傳相似度係數介於 0.42-0.91 之間，‘Pink double’ 與 ‘紅粉台閣’ 相似度係數達 0.91，親緣最近， ‘紅梅’ 與其他品種的親緣關係的遺傳相似度係數爲 0.42，親緣關係最遠。

討　　論

梅經霜傲雪與國人吃苦耐勞的精神相似，因此被選爲我國國花，台灣位處梅栽培南限，果梅的栽培面積曾經高達一萬多公頃，爲當年栽培面積最廣的落葉果樹，與人民的經濟和文化生活有很深的關連。台灣有梅的野生族群的發現 (Wu 1984)，是梅的起源地之一，但是大部分經濟栽培的果梅品種，推測是先民早年由華南地區引入，經過數百年來的實生種植及人爲選拔，發展出目前亞熱帶地區可以栽培的果梅品種。本研究經過多年的蒐集與調查，選出 ‘青廣’ 與 ‘甲仙’ 兩個優良果梅品種，作爲經濟栽培或進一步品種改良的親本。在觀賞梅方面，台灣果梅品種只開白色、單瓣花，香味淡，本研究蒐集到 ‘紅粉台閣’、‘白閣宮粉’、‘Pink double’、‘道知邊’ 及 ‘Pink lady’等五個低需冷性品種，其中 ‘紅粉台閣’、‘白閣宮粉’、‘Pink double’ 開大型粉紅、重瓣花，花香濃郁， ‘道知邊’ 開粉紅、單瓣大花，‘Pink lady’ 開粉紅、重瓣花，開花量多，花期亦長，這些種原正是育成不同花色、花香濃郁、低需冷性觀賞梅花的寶貴種原，此研究同時蒐集到枝條下垂的垂枝梅及枝條彎曲具觀賞價值的 ‘龍游’ 梅品種，亦是育種上珍貴的種原。

本試驗首次揭示台灣梅種原之親緣關係，根據 RAPD 親緣關係分析結果，大部分台灣果梅品種分爲兩個主群，只有 ‘青霧’ 及 ‘小粒梅’ 與其他果梅品種關係較遠，獨立成群，顯示這兩個品種可能爲台灣原生梅品種。觀賞梅品種也分爲兩個主群，中國大陸及日本的梅品種在兩群中皆有分布，並未各自成群，顯示兩地梅品種互有交流，垂枝梅的兩個品種及開粉紅重瓣花的 ‘紅粉台閣’、

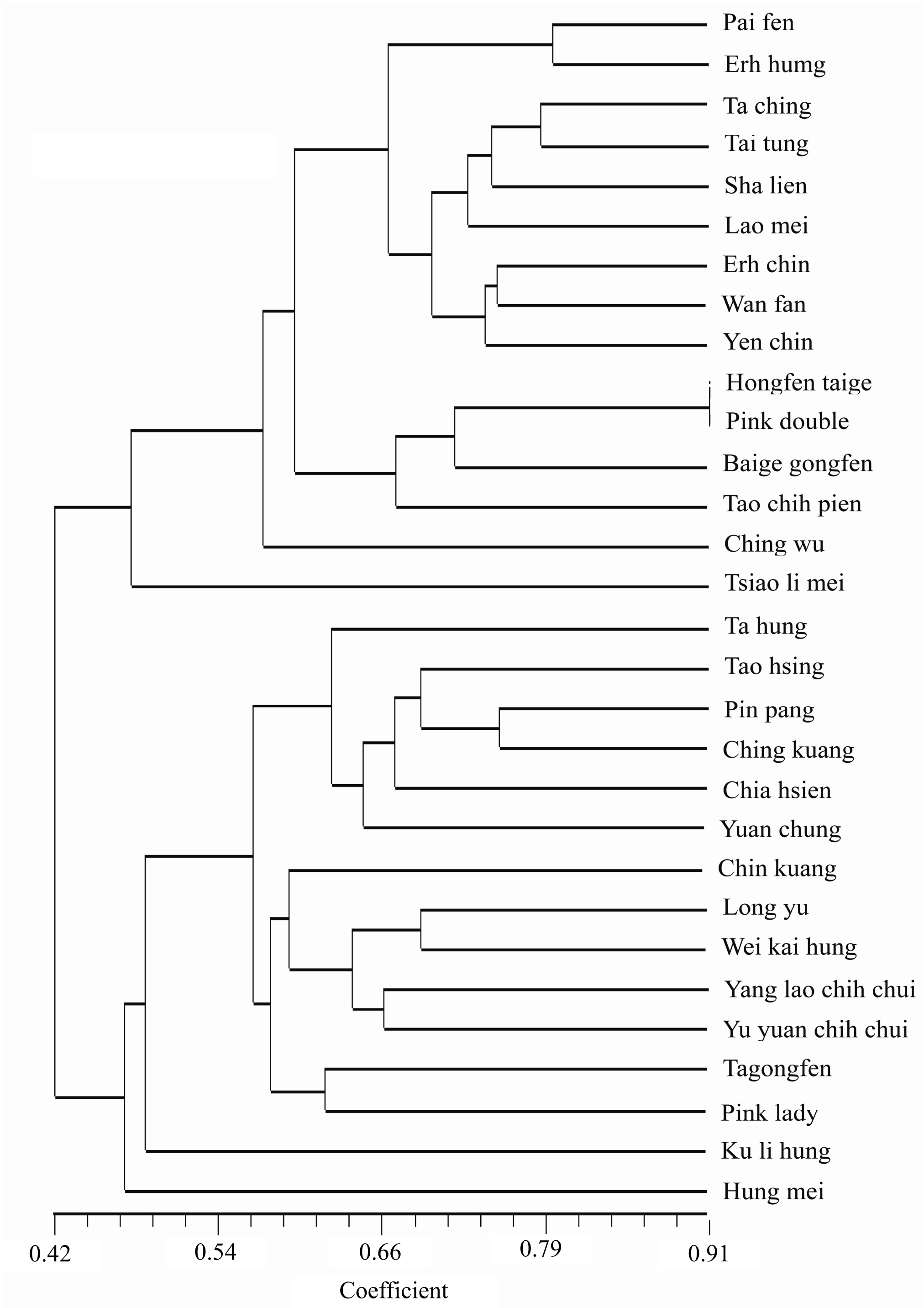


圖 3. 30 個梅品種之 RAPD 遺傳相似度聚類分析樹狀圖。

Fig. 3. Dendrogram illustrating genetic relationship among 30 mei varieties. Constructed by Jaccard's distance and UPGMA clustering method using 382 RAPD markers.

‘白閣宮粉’ 各自聚集成一亞群，顯示 RAPD 為梅種原親緣關係分析上有用的技術。不知來源的 ‘Pink Double’ 與 ‘紅粉台閣’ 的遺傳相似度係數十分接近，可能為同一品種或枝條變異品種，同樣不知道來源的 ‘Pink 粉’、‘道知 Lady’ 與來自中國大陸的 ‘大宮粉’ 歸為同一分群，推測可能為中國大陸品種。‘骨裡紅’ 及 ‘紅梅’ 則與其他觀賞梅親緣關係較遠，各自成一群。利用 RAPD 分析本省桃種原之親緣關係，參試的 30 個桃種原其遺傳相似度係數介於 0.73-0.93 之間 (Wen & Chieh 2003)，本研究在所分析的 30 個梅品種中，遺傳相似度係數介於 0.42-0.91 之間，顯示本省梅種原遺傳歧異度較桃種原高，這表示梅品種受到人為選育的影響程度較桃為低。

台灣果梅種原冬季休眠所需的低溫時數少，為世界上獨特的低需冷性梅種原基因庫，經過仔細的種原調查、蒐集與特性評估，發現許多品種特性優異，為育成低需冷性果梅及觀賞梅花的良好親本，若能進行育種，應可育出優良品種，造福果農及豐富國民文化及休閒活動。

引用文獻 (Literature cited)

Anuntalabhochai, S., R. Chundet, J. Chiangda, and P. Apavatjrut. 2002. Genetic diversity within lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) based on RAPD analysis. Acta Hortic. 575:253-260.

Bartolozzi, F., M. L. Warburton, S. Arulsekar, and T.M. Gradziel. 1998. Genetic characterization and relatedness among California almond cultivars and breeding lines detected by randomly amplified polymorphic DNA (RAPD) analysis. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 123:381-387.

Botta, R., A. Akkak, and V. Casavecchia. 1998. Identification of pear cultivars by molecular markers. Acta Hortic. 457:63-70.

Botta, R., A. Akkak, D. Marinoni, G. Bounous, S. Kampfer, H. Steinkellner, and C. Lexer. 1999. Evaluation of microsatellite markers for characterizing chestnut cultivars. Acta Hortic. 494:277-282.

Chen, J. Y. 1989. Chinese Mei Flower Cultivars. China Forestry Publishing House. Beijing. China. 142 pp.

Council of Agriculture. 2005. Yearly Report of Taiwan’s Agriculture. p.94-95. Taipei, Taiwan.

Damasco, O. P., G. C. Graham, R. J. Henry, S. W. Adkins, M. K. Smith, and I. D. Godwin. 1996. Random amplified polymorphic DNA (RAPD) detection of dwarf off-types in micropropagated Cavendish (*Musa* spp. AAA) bananas. Plant Cell Rep. 16:118-123.

Fanizza, G., G. Colonna, P. Resta, and G. Ferrara. 1999. The effect of the number of RAPD markers on the evaluation of genotypic distances in *Vitis vinifera.* Euphytica 107:45-50.

Fielder, J., G. Bufler, and F. Bamgerth.1998. Genetic relationships of avocado using RAPD markers. Euphytica 101:249-255.

Harada, T., K. Matsukawa, and T. Sato. 1993. DNA-RAPDs detect genetic variation and paternity in *Malus.* Euphytica 65:87-91.

Jaccard, P. 1901. Study of comparative distribution of flower in the porition of Alpes and Jura. (Etude comparative de la distribution florale dans une portion des Alpes et des Jura.) Bull. Soc. Vaudoise Sci. Nat. 37:547-549.

Koller, B., A. Lehmann, J. M. McDermott, and C. Gessler. 1993. Identification of apple cultivars using RAPD markers. Theor. Appl. Genet. 85:901-904.

Lanham P. G. and R. M. Brennan. 2001. Genetic diversity in *Ribus*. Acta Hortic. 546:135-144.

Luo, Z. R., K. Yonemori, and A. Sugiura. 1995. Evaluation of RAPD analysis for cultivar identification of persimmons. J. Jpn. Soc. Hortic. Sci. 64:535-541.

Moreno, S., Y. Gorgocena, and J. M. Ortiz. 1995. The use of RAPD markers for identification of cultivated grapevine (*Vitis vinifera* L.). Sci. Hortic. 62:237-243.

Nicese, F. R., J. I. Hormaza, and G. H. McGranahan. 1998. Molecular characterization and genetic relatedness among walnut genotype based on RAPD markers. Euphytica 101:199-206.

Oliveira, C. M., M. Mota, L. Monte-Corvo, L. Goulao, and D. M. Silva. 1999. Molecular typing of *Pyrus* based on RAPD markers. Sci. Hortic. 79:163-174.

Qu, X., J. Lu, and O. Lamikanra. 1996. Genetic diversity in Muscadine and American bunch grapes based on randomly amplified polymorphic DNA (RAPD) analysis. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 121:1020-1023.

Pan, X. F., X.G. Meng, G. L. Cao, and C. M. Xu. 2002. Application of RAPD-PCR technique for identification of varieties in loquat. J. Fruit Sci. 19:136-138.

Schnell, R. J., C. M. Ronning, and R. J. Knight, Jr. 1995. Identificaion of cultivars and validation of genetic relationships in *Mangifera indica* L. using RAPD markers. Theor. Appl. Genet. 90:269-274.

Sherman, W. B., P. M. Lyrene, N. F. Childers, F. G. Gmitter, and P. C. Andersen. 1988. Low chill peach and nectarine cultivars for trial in Florida. Proc. Fla. State. Hortic. Soc. 101:241-244.

Sondur, S. N., R. M. Manshardt, and J. I. Stiles. 1996. A genetic linkage map of papaya based on randomly amplified polymorphic DNA markers. Theor. Appl. Genet. 93:547-553.

Stiles, J. I., C. Lemme, S. Sondur, M. B. Morshidi, and R. Manshsrdt. 1993. Using randomly amplified polymorphic DNA for evaluating genetic relationships among papaya cultivars. Theor. Appl. Genet. 85:697-701.

Tang, D. M., S. P. Luo, J. Li, and H. T. Han. 2003. Sex identification of pistachio by using RAPD analysis. J. Fruit Sci. 20:124-126.

Wen, I. C. and T. C. Chieh. 2003. Genetic relationship analysis on peach germplasm by RAPD. J. Agric. Res. China 52:143-151. (in Chinese with English abstract)

Wen, I. C. and Y. L. Liu. 2004. Evaluation and genetic relationship analysis by RAPD on oriental plum germplasm. J. Agric. Res. China 53:97-110. (in Chinese with English abstract)

Wiesman, Z., N. Avidan, S. Lavee, and B. Quebedeaux, 1998. Molecular characterization of common olive varieties in Israel and the west bank using randomly amplified polymorphic DNA (RAPD) markers. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 123(5):837-841.

Williams, J. G. K., A. R. Kubelik, K. J. Livak, J. A. Rafalski, and S. V. Tingey. 1990. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. Nucleic Acids Res. 18:6531-6535.

Wong, L. C., W.J. Yang, L.S. Chang, and T. S. Lin. 2003. The analysis of genetic variation among Tankan accessions. J. Chinese. Soc. Hortic. Sci. 49:19-32.

Wu. G. M. 1984. Taxonomy of China Temperate Fruit Crops. Agriculture Publish Co. Beijing, China. 530 pp.

Wu. S. J. and X. S. Chen. 2003. RAPD analysis of apricot cultivars. J. Fruit Sci. 20:107-111.

行政院農業委員會農業試驗所
AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE
1895

Evaluation and Phylogeny of *Prunus mume* Sieb. et Zucc. Germplasm by Using RAPD Analysis [1]

Ien-chie Wen[2,3], Ching-yi Chang[2] and Wang-ting Shaw[2]

Abstract

Wen, I. C., C. Y. Chang and W. T. Shaw. 2006. Evaluation and phylogeny of *Prunus mume* Sieb. et Zucc. germplasm by using RAPD analysis. J. Taiwan Agric. Res. 55:250~262.

The characteristics of 30 cultivars of *Prunus mume* collected at Wangshian Germplasm Farm, Taiwan Agriculture Research Institute were investigated, of them two excellent cultivars 'Ching kuang' and 'Chia hsien' with high fruit quality and five ornamental cultivars 'Fenghung taiga', 'Peige gongfen', 'pink double', Tao 'chih pien' and 'Pink lady' with pink and double petals flowers were selected for economic cultivation and further breeding use. The genetic relationships of the 30 *Prunus mume* cultivars were analyzed by using RAPD markers. A total of 300 primers were screened for their ability in production of strongly amplified products. Out of 36 primers amplified 382 DNA bands, 348 of which were polymorphic (91.1%). Eight specific RAPD fragments-- OPG 19 (300), OPH 5 (950), OPI 7 (1550), OPI 18 (750), OPAA 10 (1050), OPAB 9 (1100), OPAD 1 (450), OPAE 12 (800) could be used as specific markers for identification of cultivars of 'Yen chin', 'Lao mei', 'Tsiao li mei', 'Hung mei', 'Ku li hung'. A dendrogram based on the UPGMA cluster analysis was constructed. The 30 *P. mume* cultivars were divided into eight groups, including 2 groups of local cultivars, 2 groups of ornamental cultivars and 4 individual cultivars. The similarity index between 'Pink double' and 'Fenghung taige' was 91% indicating they were the most closest among test cultivars. Whereas, 'Hung mei' was the cultivar far away from others due to only 42% similarity between it and the closest one.

Key words: *Prunus mume,* germplasm evaluation, phylogeny, RAPD.

1. Contribution No. 2272 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted : October 30, 2006.
2. Associate Researcher, Research Assistant, Plant Germplasm Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Corresponding author, e-mail : icwen@wufeng.tari.gov.tw；Fax : (04)23390791.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 55(4):263~279(2006)

稉型糯稻新品種-台農糯73號的育成[1]

賴明信[2] 李長沛[2] 曾清山[2] 顏信沐[2] 陳治官[2,3]

摘 要

賴明信、李長沛、曾清山、顏信沐、陳治官。2006。稉型糯稻新品種-台農糯 73 號的育成。台灣農業研究 55:263~279。

水稻台農糯 73 號是由稉糯台稉糯 1 號與稉稻台稉 16 號，在 1992 年進行雜交，在 2004 年登記命名，育種年限長達 12 年。在 6 個代表國內水稻栽培環境之地點進行 2 年 4 期作的區域試驗，以台稉糯 1 號爲對照品種，相較結果顯示台農糯 73 號之生育日數第一期作平均 120 天、第二期作 108 天，均較對照品種晚 3 天；穗重平均在 2.0 g 以上，千粒重平均約 28 g，屬於大穀粒之穗重型品種；平均稻穀產量第一期作 6,876 kg/ha，第二期作 4,627 kg/ha，相較對照品種增產 10%以上，而且抗倒伏能力、耐肥能力、穀粒脫粒性及植株後期老化速度都優於對照品種；加工成年糕及麻糬，儀器測定或人工品評之咀嚼性都優於對照品種。在生物性抗性檢定上，對葉、穗稻熱病具有中等抵抗性，對褐飛蝨的抗性也優於對照品種，唯對白葉枯病、紋枯病、斑飛蝨、白背飛蝨及二化螟蟲等病蟲害抗性與對照品種無顯著差異存在，在栽培時要注意防治。

關鍵詞：水稻、糯性、台農糯 73 號、育種。

前 言

美國加州栽培的短粒米面積有 17,111 ha，占加州稻米栽培面積的 7.2%，其中有 46.9%栽種糯米 (American Rice 2005) ，顯示糯稻在美國加州短粒米的生產上占有重要的地位與角色。在我國，圓（稉）糯稻的栽培面積占全國稻作栽培面積的比例雖不高，但卻很穩定。從 2000 年開始近 4 年的栽培面積分別爲 5,079、6,641、9,020 及 7,197 ha (Anonymous 2000, 2001, 2002, 2003) ，雖然水稻栽培總面積從 339,601 ha 下降至 272,124 ha，顯示圓糯米的市場具有穩定需求，栽培規模並不會隨著水稻的栽培面積的起伏，而有劇烈的波動，栽培地點則大部分集中在雲林縣、嘉義縣及台南縣。

國內的圓糯米多用於加工，成品有年糕、麻糬、粽子、紅龜粿、八寶粥及釀酒等等，用途多而廣泛。年來，雖然以半成品名義自大陸進口的數量相當龐大，確實對國內糯米市場造成衝擊，由於糯化品質及食用安全等因素，國產糯米仍是消費者首選，市場需求穩定，遇有特別活動，諸如選舉，需求量都會大幅度提高，糯米品種的需求仍具有發展空間。台稉糯 1 號自命名推廣以來，廣受歡迎及栽種，優點爲米質優良、抗多種病害、耐肥性佳及抗倒伏，缺點爲穗上發芽率較高、對紋枯病、褐飛蝨、斑飛蝨及白背飛蝨不具抗性及產量穩定性不佳 (Anonymous 1990) 及成熟後期脫粒性高，造成生產損失及困擾。育種的目標在改良台稉糯 1 號之缺點，選育更符合農民需求的新品種。台農

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2273 號。接受日期：95 年 11 月 15 日
2. 本所農藝組副研究員、助理研究員。台灣 台中縣 霧峰鄉。
3. 通訊作者，電子郵件：cgchern@wufeng.tari.gov.tw；傳真機：(04)23302806

糯 73 號在 1992 年第二期作進行雜交，以台稉糯 1 號爲母本，台稉 16 號爲父本，後代集團選拔採用譜系法 (pedigree method) 進行，在 1993 年第二期作成立系統，1996 年第一期作進行台農育 862047 號之品系編號，經產量評估試驗、產量穩定性試驗及特性及抗性檢定，2004 年 12 月 18 日通過命名審查，登記命名爲台農糯 73 號。

材料與方法

親本材料

台農糯 73 號的母本爲稉型糯稻品種台稉糯 1 號 (Taikeng Waxy No.1) ，優點爲米質優良、抗多種病害、耐肥性佳及抗倒伏，缺點爲穗上發芽率較高，對紋枯病、褐飛蝨、斑飛蝨及白背飛蝨等生物性逆境不具抗性，缺點爲產量穩定性不佳 (Anonymous 1990） 以及落粒性高。花粉親爲稉型水稻品種台稉 16 號 (Taikeng No.16) ，優點是具有產量高且適應性廣，對葉、穗稻熱病及褐飛蝨具抗性，對斑飛蝨與白背飛蝨亦具中等抗性，較高的日產量效率及穀粒具休眠性，缺點爲對縞葉枯病及白葉枯病之抗性表現不穩定，成株耐寒性較弱，重肥下倒伏性表現不穩定 (Anonymous 1996) 。育種目標乃將台稉 16 號的高稻穀產量且適應性廣並具有優良抗病蟲性等特性導入台稉糯 1 號，提高台稉糯 1 號的稻穀產量，降低穀粒的脫粒性，及改善稉型糯稻後期老化快速等缺點。

選育方法及過程

台農糯 73 號是以譜系法進行選育，從雜交開始到 2004 年正式登記命名，育種年限計 12 年（表 1）。在 1992 年第二期作進行雜交，雜交組合編號 TKC3234，隔年 (1993 年) 第一期作順利進行繁殖，第二期作因試驗田區限制，沒有進行繁殖，隔年 (1994 年) 第一期作進行雜交集團繁殖，規模約 3,000 株，經由外表性狀選拔 200 單株，依穀粒糯化完全程度選取 125 單株成立系統，爾後採收之系統依穀粒糯化完全程度及米粒外表形態篩選，至 F5 保留 5 個品系，在 1995 年進行品系名稱編定爲台農育 862047 號，隨後進行產量觀察試驗，經 5 年的產量比較試驗以後，在 2001 年推薦參加全國的區域試驗，評估在全國各地的稻穀產量及品質表現，以及生物性與非生物性抗性檢測，並進行肥效反應試驗。進行各種試驗的方法分述如下。

稻穀產量評估及氮肥反應試驗：在 1995 年假農試所試驗農場進行稻穀產量評估，產量比較試驗之田間設計採逢機完全區集設計，多本植，行株距 30 x 15 cm，初級產量比較試驗 (preliminary yield trail) 栽種 60 叢，2 重複；高級產量比較試驗 (advanced yield trail) 栽種 100 叢，4 重複。肥料供應氮素每公頃 120 kg，來源爲硫酸銨及台肥複合肥料 39 號，以 1 次基肥、2 次追肥及穗肥計 4 次平均施用，磷酐在第一期作施用 30 kg/ha，第二期作 20 kg/ha，在基肥一次施用；氧化鉀在第一期作 40 kg/ha，第二期作 50 kg/ha，在基肥及穗肥施用；病蟲害防治及其他田間管理依一般慣行法實施之。氮肥反應試驗在 2001 年進行，田區採裂區設計，氮肥處理爲主區，品種 (系) 爲副區，多本植，行株距 30 x 15 cm，小區栽種 60 叢，3 重複。氮肥處理有 80、120、160 及 200 kg/ha 公頃，氮肥來源爲硫酸銨或台肥複合肥料 39 號，磷酐及氧化鉀的施用量及施用方式與產量評估試驗相同。

區域試驗：全國區域試驗在 2001 年進行，參試品系有 13 個，非糯稻對照品種爲台農 67 號，糯稻對照品種爲台稉糯 1 號。試驗地點在桃園縣新屋鄉、彰化縣大村鄉、嘉義縣鹿草鄉、屏東市、台東市、花蓮縣吉安鄉等。田間採逢機完全區集設計，4 重複，5 行區，每行 20 株，多本植，小區面積 4.5 m^2，行株距 30 x 15cm。生育期間調查抽穗期、成熟期及成熟期之株高與每叢穗數，並以

表 1.台農糯 73 號的選育過程
Table 1. Breeding procedures for Tainung Waxy No. 73 rice variety during development

Year	Crop season	Description
1992	2nd	Parents : Taikeng Waxy No.1 (♀) × Taikeng No. 16 (♂)
1993	1st	F_1: TKC3234
	2nd	Keep
1994	1st	F_2 (Evaluation of appearance)
	2nd	F_3: TKC 3234-17 (Evaluation of appearance)
1995	1st	F_4: TKC 3234-17-1 (Evaluation of appearance)
	2nd	F_5: TKC 3234-17-1-1 (Evaluation of appearance)
1996	1st, 2nd	F_6, F_7: TKY862047 (Preliminary yield trail) (Evaluation of appearance)
1997	1st, 2nd	F_8, F_9: TKY862047 (Preliminary yield trail) (Evaluation of appearance)
1998	1st, 2nd	F_{10}, F_{11}: TKY862047 (Advanced yield trail) (Evaluation of appearance)
1999	1st, 2nd	F_{12}, F_{13} : TKY862047 (Advanced yield trail) (Evaluation of appearance)
2000	1st, 2nd	F_{14}, F_{15} : TKY862047 (Advanced yield trail) (Evaluation of appearance)
2001	1st, 2nd	F_{16}, F_{17} : TKY862047 (Regional yield trail, Nitrogen trail) Evaluation of (1). lodging, cold tolerance, on-panicle sprouting and shattering; (2). disease resistance and insect resistance; (3). physicochemical properties and palatability; (4). appearance
2002	1st, 2nd	F_{18} , F_{19}: TKY862047 (Regional yield trail, Nitrogen trail) Evaluation of (1). lodging, cold tolerance, on-panicle sprouting and shattering; (2). disease resistance and insect resistance; (3). physicochemical properties and palatability; (4). appearance

試驗小區爲單位，逢機割取 3 株，調查穗重、穗長、一穗粒數、稔實率與千粒重等性狀及小區稻穀產量，小區稻穀產量乃是穀粒水分含量 13%時之稻穀重量。

非生物抗性檢定：在 1999、2001 及 2002 年進行，依不同檢定的方法分述如下：

倒伏性檢定：田間設計採順序排列，五行區，每行 10 株，多本植，行株距 30 × 15 cm，1999 年 2 重複，2001 及 2002 年 3 重複。以高氮素 (200 kg/ha) 進行處理，在穀粒成熟期進行調查，依照植株的狀態進行判別，植株直爲 1 級，直~斜爲 3 級，斜爲 5 級，斜~倒爲 7 級，倒爲 9 級，平均表現依國際稻米研究所 (IRRI) 訂定之標準進行計算 (Standard evaluation system for rice) (IRRI 1996) 。

耐寒性檢定：秧苗耐寒性檢定採直播法，田間設計採順序排列，2~3 重複，在自然氣候篩選下，依秧苗成活率、葉色及生長等判別等級；成株耐寒性檢定採移植方式，田間設計爲順序排列，2~3 重複，以結實率判別等級，等級以國際稻米研究所訂定之標準進行計算 (IRRI 1996) 。

穗上發芽率調查：主穗軸基部僅 2~3 粒尚未黃熟時採取 5 穗，將稻穗浸泡在淺水盤上，置於日夜溫控制在 30℃植物生長箱 6 days，計算穗上發芽率，穗上發芽率少於 30%爲 1 級，31～60%爲 5 級，高於 61%爲 9 級。

穀粒脫粒性調查：成熟期採收主穗 5 穗，將稻穗置於長 1 m、寬 30 cm，一邊高 8 cm 斜木板的 2/3 處（由高的一端算起），以重量 1.5 kg、長 30 cm 之鐵棒滾動 3 次，計算脫粒稻穀重量百分比，低於 1%為 1 級，1~5%為 3 級，6~25%為 5 級，26~50%為 7 級，高於 51%為 9 級。

生物抗性檢定：在 1999、2001 及 2002 年進行，依不同檢定的方法分述如下：

稻熱病抗性檢定：檢定分別於水、旱田病圃兩種。水田式病圃採順序排列，每品種（系）兩行，行株距 25 x 20 cm，每行 7 株，2~3 重複，採自然感病方式。每兩個品種（系）種植一行感病品種 Lomello，每隔 10 個品種（系）種植對照品種台農 70 號。旱田式病圃採順序排列，條播，行長 50 cm，行距 10 cm，每品種（系）播種一行，2~3 重複，每行播種 5 g，採自然感病或人為接種方式進行，每隔 10 行播種感病品種 Lomello，中間夾播一行抗病對照品種台農 70 號。調查方式以國際稻米研究所訂定之標準進行計算 (IRRI 1996)。

白葉枯病抗性檢定：田間採順序排列，每品種（系）4 行，每行 10 株，單本植，2~3 重複，於劍葉抽出後，將菌種以剪葉法接種於每株稻葉上，每行分別接種取自屏東及台中地區的病葉所分離之 *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (Ishiyama) Swings *et al.*菌株，代號分別為 XM-42 及 XF-81。調查等級為稻葉上無病斑為 HR，病斑面積 1~5%為 R，6~12%為 MR，13~25%為 MS，26~50%為 S，51~100%為 HS (IRRI 1996) 。

紋枯病抗性檢定：田間設計採順序排列，2~3 重複，多本植，行株距 25 x 15 cm，每品種（系）栽植一行，每行 10 株，隔株栽種稗稈稻，移植後 50 days（第一期作）及 30 days（第二期作）以 TC-96 菌株行人工接種誘發病害，齊穗後 25 days 調查發病程度，調查方式以國際稻米研究所訂定之標準進行計算 (Standard evaluation system for rice,1996) 。

縞葉枯病抗性檢定：品種（系）之 3 葉苗期，移到接種箱，每箱放 12 個培養皿，2~3 重複，單支苗平均 5 隻帶毒斑飛蝨進行感染，2 days 後，將秧苗移植於植缽中，每缽 10 株，置於網室內，約一個月後調查罹病株數，換算罹病率，調查方式以國際稻米研究所訂定之標準進行計算 (IRRI 1996)。

褐飛蝨抗性檢定：秧苗抗性檢定為品種（系）之 3 葉齡秧苗，移置於溫室檢定槽，人工大量繁殖之飛蝨若蟲 (2~3 齡）釋放於秧苗，釋放密度約為每秧苗 2~3 隻，待感蟲對照品種（台中在來 1 號）枯萎時進行調查，謂之；成株抗性檢定為每品種（系）之 4 叢，每叢 3 本植種植在網室內，待分櫱期釋放成蟲，平均每株 0.5~1 隻，讓其自由選擇稻株產卵繁殖，釋放 35 days 後紀錄每品種（系）每株稻之蟲數及危害等級，其後每隔 3~5 days 調查一次，直到感蟲對照品種完全枯萎為止。調查方式以國際稻米研究所訂定之標準進行計算 (IRRI 1996)。

二化螟蟲抗性檢定：供試稻種條播於網室水泥槽中，每品種（系）播種一行，行距 20 cm，2~3 重複，待稻株發育至分櫱中期（移植後 30 days），以剛孵化一齡幼蟲 90 隻拌混 5 g 粉碎稻殼，均勻施放於每行稻株基部，接種密度為稻株總數之 3 倍，40 days 後，計算稻分櫱數及被害枯心數，再換算為枯心率 (IRRI 1996)。

米粒特性分析

米粒的外表形態調查包括粒長、粒形、透明度及心腹背白，粒長大於 7.5 mm 為超長 (VL) ，7.06~7.50 mm 為長 (L) ，6.61~7.059 mm 為中長 (ML) ，6.101~6.609 mm 為中等 (M)，5.51~6.10 mm

爲中短 (MS)，小於 5.51 mm 爲短 (S)；粒形依長寬比區分，細長形 (S) 之長寬比大於 3，中間形 (M) 之長寬比爲 2.01~2.99，粗圓形 (B) 之長寬比小於 2；透明度及心腹背白分六級。

米粒的理化特性調查包括凝膠展延性、鹼性擴散度及糊化溫度，凝膠展延性分硬 (H)、中 (M) 及軟 (S) 三級，糊化溫度分高 (H)、中 (I)、中低 (IL) 及低 (L) 四級，鹼性擴散度分七級，英文字母代碼與鹼性擴散度對應如下：H 爲 1-2；HI 爲 3；I 爲 4-5；L 爲 6-7。

米粒的加工特性主要是對製作成年糕 (year cake) 及麻糬 (rough) 後的性質進行比較。利用對澱粉破壞最少之濕磨法，將 800 g 碾白糯米，洗米後浸水 5 hrs，利用磨粿機（晉暉公司，台中）研磨裝袋，將粿粉袋綑綁，排出水分，再於 1 hr 後加強綑綁，重複 2 次，使粿粉內水分含量約佔 50%，將粿粉袋包入塑膠袋內放置冰箱內隔夜。第二天早上，除將一部分粿粉製作年糕外，另取 600 g 粿粉，揉碎，置於已加入 2 mL 沙拉油之電鍋（大同公司，台北）平盤中，外鍋加水 200 mL，以電鍋蒸煮，煮後待冷稍事搓揉，靜置 3 hrs 後，用搗粿機（景騰公司，台北）捶打 120 下，秤 10 g 之粿團，用手搓圓製成麻糬，利用米質質地分析儀 (Texturometer, Tokyo, Japan) 測定。再利用內徑 5 cm 高 4 cm 有蓋直筒不銹鋼圓罐，內襯保鮮膜，先滴入 4 滴（30 滴約 1 mL）沙拉油備用，將製作麻糬冰存隔夜之粿粉 20 g，加 5 g 細糖粉，用手混合均勻，放入圓罐內，以手指壓平，加蓋，外鍋加水 200 mL 進行蒸煮製成年糕，利用米質質地分析儀測定。

結　　果

產量比較試驗

台農糯 73 號的稻穀產量表現如表 2。此試驗之對照品種爲台中糯 70 號，原因乃 2000 年爲止之全國區域試驗的糯稻對照品種爲台中糯 70 號，直到 2001 更改爲台稉糯 1 號，導致產量比較試驗與全國區域比較試驗之對照品種不同。結果顯示台農糯 73 號在台中縣霧峰地區的農藝性狀表現，第一期作的生育日數較對照品種平均提早 8 days，株高平均高約 5 cm，穗重相同，穗長較對照品種長 1.3 cm；稻穀產量平均增產 14%，穗數及稔實率與對照品種相同，一穗粒數平均增加 3.8 粒，千粒重平均增加 2.5 g，唯未達顯著差異。第二期作的生育日數較對照品種平均提早約 6 days，株高明顯較對照品種高約 12 cm，穗重相同，穗長顯著的較對照品種長；稻穀產量平均增產 6%，穗數與稔實率與對照品種差異不明顯，一穗粒數及千粒重表現都顯著的較對照品種好。

全國區域試驗之稻穀產量

表 3 是在全國 6 個地點進行 2 年 4 期作的稻穀產量表現結果。台農糯 73 號在第一期作之稻穀產量平均爲 6,876 kg/ha，較對照品種增產 27.5%，在桃園、屏東、台東及花蓮等試區的產量表現顯著高於對照品種，其中以屏東試區每公頃 9,083 kg 最高，較對照品種增加 33.8%，以台東試區的增加幅度最高，增幅達 53.8%。第二期作之稻穀產量平均爲 4,627 kg/ha，較對照品種增產 10%，其中在屏東、台東及花蓮等試區的產量與對照品種之差異未顯著，但增幅都在 14%以上。在產量構成性狀表現上，台農糯 73 號的一穗粒數與千粒重在兩期作都明顯較對照品種平均表現好，穗數及稔實率的平均表現兩者相近。

其他的農藝性狀的表現如表 4，生育日數平均表現兩期作都較對照品種長，增加的天數約 3 days，株高及穗長的平均表現與對照品種相近，單穗重量的平均表現則都較對照品種重。由表 3、4 的結果顯示，台農糯 73 號在屏東、花蓮及台東等試區的產量表現特別突出，台農糯 73 號的一穗粒數及千粒重都明顯較台稉糯 1 號表現好，單穗重量表現也較台稉糯 1 號重。

表 2. 台農糯 73 號產量比較試驗表現

Table 2. Performance of main characters and grain yield of Tainung Waxy No. 73 rice variety

Rice variety	Year	Growth duration (days) [z]	Plant height (cm)	Panicle weight (g)	Panicle length (cm)	Panicle number (no.)	Spikelet/ Panicle (no.)	Seed-set (%)	1000-grain weight (g)	Yield (kg/ha)	Ratio [y] (%)
Tainung Waxy No. 73	1st crop season										
	1998	92.0	95.5	1.80	19.7	15.0	81.7	79.1	26.6	5520.0	115
	1999	98.0	95.7	2.57	19.2	13.8	122.8	82.2	26.0	7007.1	112
	2000	104.0	108.8	2.20	17.5	14.0	96.0	91.9	26.4	7712.4	117
	Mean	98.0	100.0	2.20	18.8	14.3	100.1	84.4	26.3	6746.5	114
Taichung Waxy No.70	1998	98.0	95.7	1.90	16.5	14.8	90.4	79.6	23.7	4814.0	100
	1999	110.0	92.0	2.32	19.0	15.3	98.5	89.6	24.6	6276.5	100
	2000	112.0	100.0	2.60	17.2	12.5	99.9	84.5	23.3	6592.1	100
	Mean	106.0	95.3	2.30	17.5	14.2	96.3	84.5	23.8	5894.2	100
	t value (0.05)	1.6	0.8	0.20	1.2	0	0.3	0.0	0.32	1.0	
Tainung Waxy No. 73	2nd crop season										
	1998	98.0	97.0	1.78	18.6	11.2	82.0	74.3	25.2	4694.0	105
	1999	107.0	101.0	2.50	18.1	14.3	93.4	93.8	27.8	6472.9	103
	2000	89.5	92.5	2.00	18.3	12.5	72.6	89.3	28.5	5382.8	109
	Mean	98.2	96.7	2.00	18.3	12.6	82.6	85.8	27.1	5516.6	106
Taichung Waxy No.70	1998	104.0	84.0	1.81	16.4	12.1	105.0	70.3	23.9	4486.0	100
	1999	112.0	84.5	2.30	16.6	12.0	101.9	80.1	24.4	6289.0	100
	2000	95.8	83.3	-	-	14.5	-	-	-	4928.0	100
	Mean	103.9	83.9	2.00	16.5	12.4	103.4	75.2	24.2	5234.3	100
	t value (0.05)	0.8	2.9	0.10	10.3*	0.1	3.3*	1.30	3.1*	0.7	

[z] Growth duration: The days from transplant to harvest.

[Y] Ratio=yield of Tainung Waxy No. 73/ Yield of Taichung Waxy No. 70 at the same year.

衡量品種穩定性表現的模式很多，台農糯 73 號之穩定性評估採用迴歸係數 (b) 及校正的離迴歸均方 (sd^2) 做爲穩定性指標的兩個參數，來表示其對於環境的穩定性反應 (Eberhart & Russell, 1966) 。其線性模式爲 $y_{ij}=\mu_i+\beta_i I_j+\delta_{ij}$ (i = 1, 2,…, υ；j = 1, 2,…, *l*) ，其中 yij 表示第 i 個品種在第 j 個環境中的平均產量；μ_i 表示第 i 個品種在所有環境中的平均產量；β_i 表示第 i 個品種對各種變化環境反應的迴歸係數；δ_{ij} 表示第 i 個品種在第 j 個環境的迴歸離差；I_j 表示第 j 個環境的環境指數，它等於 j 環境中所有品種的平均產量與總平均產量之差。表 5 結果顯示，台農糯 73 號之稻穀產量在第一期作之穩定係數 (b) 爲 1.21，與 b=1 之假說無顯著差異存在，表示此品種在第一期作在全國各地栽種之稻穀產量表現持穩，同時若在良好栽培環境下，其稻穀產量可以得到更好的表現；但離迴歸均方均與 0 具有顯著的差異存在，也顯示此線性模式的預測能力較差。在第二期作之

表 3. 台農糯 73 號全國區域試驗之產量性狀表現
Table 3. Performance of grain yield of Tainung Waxy No. 73 rice variety in the regional yield trails

Location	Yield (kg/ha)			Panicle number (no.)		Spikelet/ Panicle (no.)		Seed set (%)		1000-grain weight (g)	
	TN73[y]	TK1	LSD(0.05)	TN73	TK1	TN73	TK1	TN73	TK1	TN73	TK1
1st crop season											
Taoyuan	6,900 a[z]	5,890 b	600.2	15.2	16.8	84.9	77.9	87.0	87.1	28.2	25.2
Changhua	6,194 a	5,378 a	992.2	15.3	15.0	88.6	79.9	90.2	91.3	26.9	25.3
Chiayi	7,604 a	6,589 a	1,052.0	16.6	17.7	89.7	79.9	94.4	94.3	29.1	25.5
Pingtung	9,083 a	6,787 b	866.1	19.8	18.5	85.3	79.1	81.4	85.6	27.9	25.7
Taitung	6,985 a	4,538 b	580.8	16.5	15.0	71.4	62.3	92.4	83.6	29.7	26.3
Hualien	4,490 a	3,486 b	593.1	14.5	15.0	76.1	58.5	81.9	88.8	26.7	24.7
Mean	6,876	5,445	780.8	16.3	16.3	82.7	72.9	87.9	88.5	28.1	24.5
2nd crop season											
Taoyuan	4,372 a	4,004 a	1,150	13.3	13.2	79.4	74.9	82.4	79.5	25.2	23.4
Changhua	4,248 a	3,930 a	1,203	11.8	13.9	87.3	66.5	88.9	91.4	26.8	26.1
Chiayi	4,681 a	4,727 a	1,021.4	13.8	15.0	79.0	72.4	90.6	91.7	28.0	25.5
Pingtung	5,376 a	4,667 a	809.7	11.5	13.2	90.3	73.0	80.3	82.5	29.5	26.4
Taitung	5,706 a	4,991 a	887.3	13.5	15.5	84.8	78.4	91.1	86.0	27.5	25.6
Hualien	3,380 a	2,888 a	557.9	11.7	12.3	78.6	62.8	73.5	72.2	28.8	25.3
Mean	4,627	4,201	938.4	12.6	13.9	83.2	71.3	84.5	83.9	27.6	25.4

[z] Mean followed by the same letters are not significantly at 0.05 probability level.
[y] V_1:Tainung Waxy No. 73；V_2:Taikeng Waxy No. 1.

穩定係數 (b) 爲 1.01，與 b=1 之假說亦無顯著差異存在，表示此品種在第二期作在全國各地栽種之稻穀產量表現持穩，離迴歸均方均與 0 無顯著的差異存在，顯示此線性模式的預測能力較佳。合併兩年四個期作之資料進行分析，台農糯 73 號之穩定係數爲 1.20，與 b=1 之假說無顯著差異，表示此品種在兩期作在全國各地栽種之稻穀產量表現穩定，而且離迴歸均方均與 0 有顯著的差異存在，顯示此線性模式的預測能力較差。由上述可以發現台農糯 73 號的稻穀產量 (5,752 kg/ha) 明顯高於糯性對照品種台稉糯 1 號 (4,824 kg/ha) ，顯示台農糯 73 號具有高產的潛能，尤其是在第一期作的表現更佳。

氮肥效應試驗

進行本試驗的目的乃期許新品種在命名推廣後，提供農民適當之肥料使用量，以得最高經濟效益。表 6 爲台農糯 73 號在氮肥效應試驗的稻穀產量及農藝性狀表現。台農糯 73 號的稻穀產量在第一期作的處理間之 LSD 值爲 358 kg/ha，只有 80 及 200 kg/ha 處理有顯著差異存在；對照品種台稉糯 1 號的氮素處理間的 LSD 爲 433 kg/ha，只有 160 kg/ha 處理有顯著差異存在，200 kg/ha 處理區之稻穀產量沒有顯著增加，乃因產生倒伏所致。第二期作台農糯 73 號之氮素用量間的 LSD 爲 208 kg/ha，只有 120 及 160 kg/ha 處理等級間無顯著差異存在，稻穀產量隨氮肥用量增加而增加。對照品種於氮素處理間的 LSD 爲 204 kg/ha，稻穀產量並未隨氮素施用量提高而增加的趨勢。

投資報酬率是直接關係農民栽種新品種的利益。每施用一元的氮素所獲得的利益，在第一期作台農糯 73 號的報酬效益都呈正值，其中施用量由 80 kg/ha 增加至 120 kg/ha 時效益優於其他處理等

表 4. 台農糯 73 號全國區域試驗之農藝性狀特性

Table 4. Performance of main characters of Tainung Waxy No. 73 rice variety in regional yield trails

	Growth duration[z] (day)		Plant height (cm)		Panicle length (cm)		Panicle weight (g)	
Location	TN73[y]	TK1	TN73	TK1	TN73	TK1	TN73	TK1
1st crop season								
Taoyuan	126	123	98.4	98.2	18.2	19.2	2.3	1.9
Changhua	106	103	96.3	97.7	17.1	17.3	2.3	2.0
Chiayi	118	115	107.7	105.3	18.2	19.0	2.6	2.1
Pingtung	119	113	100.7	96.6	17.7	18.2	2.2	1.9
Taitung	116	116	88.4	91.0	16.8	17.1	2.0	1.4
Hualien	134	132	97.0	91.0	16.6	16.6	1.8	1.4
Mean	120	117	98.1	96.6	17.4	17.9	2.2	1.8
2nd crop season								
Taoyuan	103	94	87.7	88.7	17.6	18.0	2.3	1.7
Changhua	110	109	96.2	100.2	17.7	16.7	2.2	1.9
Chiayi	101	97	99.2	100.5	18.6	18.9	2.4	1.8
Pingtung	105	106	96.2	96.7	18.2	18.2	2.2	1.8
Taitung	120	114	96.4	93.7	17.3	17.6	1.4	1.4
Hualien	108	104	95.6	96.4	18.1	17.3	2.1	1.7
Mean	108	104	95.6	96.0	17.9	17.8	2.1	1.7

[z] The days from transplant to harvest.

[y] TN73:Tainung Waxy No. 73；TK1:Taikeng Waxy No. 1.

級間的效益，顯示第一期作的最適氮肥施用量 120 kg/ha；對照品種在施氮量 160 kg/ha 時效益最大，若比較兩者的稻穀產量，台農糯 73 號在 120 kg/ha 爲 5653 kg，對照品種在 160 kg/ha 爲 5835 kg，兩者之稻穀產量僅相差 182 kg/ha，顯示台農糯 73 號的氮肥利用效率明顯較對照品種好；當施氮量增加至 200 kg/ha 時，台農糯 73 號的氮肥施用效益不但是正值，每公斤氮素效益還達 2.53 元，反觀對照品種已成負值，說明耐肥能力新品種明顯較對照品種好。第二期作台農糯 73 號及對照品種的氮素施用效益都呈現正值，雖然台農糯 73 號在 160 與 200 kg/ha 間的效益最大 (3.26) ，但 80 與 120 kg/ha 間之施用效益即達 2.88，已經有不錯的表現；對照品種在施用量在 80 與 120 kg/ha 時，氮素施用效益最高，氮素施用量再增加，施用效益就大幅降低，比較參試兩者之稻穀產量，施氮量每公頃 120 kg 時，台農糯 73 號爲 4045 kg/ha 高於對照品種之 3895 kg，顯示在第二期作台農糯 73 號的氮肥利用效率亦較對照品種好；同時台農糯 73 號的稻穀產量隨施氮量的提高而增加，對照品種則無此一趨勢，亦說明新品種的耐肥能力明顯較對照品種好。

非生物抗性檢定

非生物抗性檢定項目中，倒伏性檢定在新竹縣竹東鎮進行。結果顯示台農糯 73 號兩期作的倒伏抗性表現平均等級都爲 3，第一期作與對照品種相同，第二期作優於對照品種的 4.7（表 7），顯示台農糯 73 號的抗倒伏性表現較對照品種佳。耐寒性檢定在新竹縣五峰鄉進行，台農糯 73 號的耐寒性表現在第一期作平均等級爲 3.7，雖然較對照品種的 3.0 表現差，但秧苗對寒害都呈現中等抗性；第二期作台農糯 73 號的耐寒性表現平均等級爲 2.3，對照品種 1.7，兩者的成熟期之耐寒性都呈抗性等級，新品種略遜於對照品種。穗上發芽及脫粒性等特性都在花蓮市進行檢定，台農糯 73 號在第一期作的穗上發芽率平均爲 46.4%，第二期作平均爲 85.0%，與對照品種平均的 50.4%及 86.3%沒有差異，顯示新品種抗穗上發芽的能力與對照品種相同。台農糯 73 號的脫粒率在第一期

表 5. 全國稉稻區域試驗參試品系稻穀產量之穩定性介量

Table 5. The stability parameters of grain yield of 10 rice lines (or varieties) in the regional yield trails in 1998

Rice variety(line)	1st crop season					2nd Crop season					Combine				
	Mean	Ratio kg	Ratio %	bi	Sd^2	Mean	Ratio kg	Ratio %	bi	Sd^2	Mean	Ratio kg	Ratio %	bi	Sd^2
Tainung Waxy No. 73	6,876	115	102	1.21	221,639 *[y]	4,627	-299	94	1.01	20,930	5,752	-92	98	1.20	48,357 *
Chianung yu 872065	6,499	-261	96	1.07	0	4,374	-552	89	1.13	0	5,437	-406	93	1.08	0
Chianung yu 871007	6,430	-330	95	1.01	0	4,348	-578	88	1.15	0	5,389	-454	92	1.03	0
Taikeng yu 72455	6,821	60	101	0.75	100,110 *	4,721	-205	96	0.80	13,860	5,771	-72	99	0.74	1,376
Taikeng yu 38618	7,333	573	108	1.04	0	4,908	-18	100	1.09	519	6,121	277	105	1.03	0
Chungkengyu 10003	6,603	-158	98	0.95	0	4,604	-322	93	0.90	185,884 *	5,604	-240	96	0.96	44,673 *
Nanwaxy yu 2	6,496	-264	96	1.19	96,335 *	4,668	-258	95	1.08	34,602 *	5,582	-261	96	1.16	0
Kau yu 386	6,293	-468	93	0.93	501,058 *	4,403	-523	89	0.74	290,385 *	5,348	-495	92	1.02	91,582 *
Tungkeng yu 396	6,523	-237	96	1.04	103,249 *	4,307	-619	87	1.28	43,151 *	5,415	-428	93	1.15	81,162 *
Huakeng yu 20	6,796	35	101	0.96	50,463	4,664	-262	95	0.87	187,093 *	5,730	-113	98	0.82	0
Taikeng Waxy No. 1z	5,445	-1316	81	0.95	329,817 *	4,201	-725	85	0.85	124,801 *	4,823	-1,021	83	0.91	154,306 *
Taikeng No.9 [z]	6,409	-352	95	0.91	151,761 *	4,713	-213	96	1.01	82,722 *	5,561	-282	95	0.88	44,571 *

[z] check variety.

[y]=Significant at 0.05 probability level.

表 6. 台農糯 73 號品種之氮肥效應試驗

Table 6. Performance of main characters and grain yield of Tainung Waxy No. 73 rice variety in nitrogen trail

Rice variety	Nitrate rate (kg/ha)	Yield (kg/ha)	Ratio (%)	Nitrogen effect [y] (N.T./N.T.)	Nitrogen effect [y] (N.T./kg)	Panicle number (no.)	Panicle length (cm)	Panicle weight (g)	Spikelet/ Panicle (no.)	Seed set (%)	1000-grain weight (g)
1st crop season											
Tainung Waxy No. 73	200	6007.3 a[z]	110.3	2.53	155.39	15.8	18.1	2.5	85.6	90.6	30.8
	160	5731.0 ab	105.3	1.94	43.88	16.3	17.6	2.1	79.8	90.3	27.1
	120	5653.0 ab	103.8	2.82	117.56	15.5	17.8	2.2	85.8	91.1	26.3
	80	5444.0 b	100.0	-	-	13.1	18.0	2.5	91.8	92.4	28.2
Taikeng Waxy No. 1	200	4951.0 b	95.8	-0.98	-497.25	16.3	16.5	1.8	80.3	80.7	23.2
	160	5835.0 a	112.9	4.49	360.14	15.8	18.2	2.1	84.7	89.8	23.5
	120	5194.8 b	100.5	0.34	14.16	14.9	16.4	1.8	81.1	87.9	23.0
	80	5169.6 b	100.0	-	-	15.9	16.0	1.8	81.6	89.9	23.2
2nd crop season											
Tainung Waxy No. 73	200	4557.1 a	118.9	3.26	251.65	10.3	18.5	2.6	90.7	82.6	30.2
	160	4109.8 b	107.2	1.87	36.08	10.0	17.9	2.8	83.7	88.1	29.5
	120	4045.6 b	105.5	2.88	120.17	9.8	17.6	2.0	70.4	92.8	28.6
	80	3832.0 c	100.0	-	-	10.1	18.3	2.0	62.8	92.5	31.5
Taikeng Waxy No. 1	200	3836.8 a	106.3	1.02	23.38	9.3	16.7	2.4	106.5	87.4	23.9
	160	3795.2 ab	105.1	1.25	-56.22	9.4	16.9	2.5	111.7	87.2	23.8
	120	3895.2 a	107.9	3.85	160.37	9.6	17.3	1.9	71.7	84.1	24.7
	80	3610.1 b	100.0	-	-	8.8	15.9	2.2	93.4	88.8	24.6

[z] Mean followed by the same letters are not significantly at 0.05 probability level.

[y] Nitrogen effect (N.T./N.T.)：(Yield of treatment -Yield of C.K (80 kg N／ha)) x Rice price (NT$22.5/kg)÷nitrogen price (N.T.$41.7/kg)

作平均為 21.7%，第二期作為 17.7%，皆較對照品種平均的 35.8%及 21.7%為佳，顯示新品種在收穫時發生田間穀粒掉落的程度會較對照品種輕微。

生物性抗性檢定

病害抗性：表 8 為台農糯 73 號在水田式稻熱病自然病圃的檢定結果，葉稻熱病檢定上，新品種在嘉義病圃的表現平均為 4，屬於中抗 (MR) 等級，對照品種的平均指數為 3，屬於抗 (R) 等級，顯示新品種對嘉義地區的稻熱病病菌的抗性不如對照品種；然而在關山病圃的表現上，新品種及對照品種的平均表現分別為 5.3 及 5.5，均屬於中感 (MS) 等級。在穗頸稻熱病檢定上，台農糯 73 號在嘉義病圃呈中抗 (MR) 等級與對照品種的表現相同，而在關山病圃呈中感 (MS) 等級，優於對照品種的感 (S) 等級。整體而言，新品種對於嘉義地區的稻熱病病菌抗性能力不如對照品種，但對於關山地區的稻熱病病菌抗性能力優於對照品種。

表 7. 水稻台農糯 73 號之非生物性抗性
Table 7. The abiotic resistance performance of Tainung Waxy No. 73 rice variety

Item	1999		2001		2002		Mean	
	TN73[z]	TK1	TN73	TK1	TN73	TK1	TN73	TK1
1st crop season								
Lodging incidence	1	3	5	3	3	3	3	3
Cold tolerance	1	1	5	5	5	3	3.7	3
On-panicle Sprouting (%)	54.2	62.5	32.0	44.0	53.0	44.7	46.4	50.4
Shattering (%)	29.2	32.5	20.0	39.0	16.0	35.9	21.7	35.8
2nd crop season								
Lodging incidence	1	3	1	3	7	9	3	4.7
Cold tolerance	1	3	5	1	1	1	2.3	1.7
On-panicle Sprouting (%)	82.1	91.5	87.0	79.0	86.0	88.4	85.0	86.3
Shattering (%)	26.2	9.0	10.0	29.0	17.0	27.0	17.7	21.7

[z] TN73:Tainung Waxy No. 73；TK1:Taikeng Waxy No. 1.

表 8. 水稻台農糯 73 號在水田式稻熱病圃的表現
Table 8. Performance of blast resistance of Tainung Waxy No. 73 rice variety in paddy field

Rice variety	Year	Leaf blast		Panicle blast	
		Chiayi city	Kwanshan	Chiayi city	Kwanshan
Tainung Waxy No. 73	1999	4[z]	3	2	3
	2001	4	7	5	5
	2002	4	6	3	7
	Mean	4	5.3	3.3	5
Taikeng Waxy No. 1	1999	1	4.5	1	7
	2001	4	4	3	7
	2002	4	8	3	9
	Mean	3	5.5	2.3	7.7

[z] Grade of rice blast, 1:highly resistant; 9:highly susceptible.

稻熱病檢定除了水田式抗性檢定外，並在嘉義設置旱田式病圃。由表 9 可以發現台農糯 73 號在第一、二期作的葉稻熱病平均抗性指數爲 6 及 4.3，均不如對照品種的平均抗性指數 4 及 3，此結果與田間稻熱病抗性檢定相符。白葉枯病抗性檢定以人工方式進行 XF-81 及 XM-42 兩菌株，在第一期作台農糯 73 號的平均罹病程度分別爲 28 及 61，與對照品種平均的 27 及 56 相近；第二期作新品種的平均罹病程度分別爲 47.3 及 64.7，表現不如對照品種平均的 42 及 42.7。台農糯 73 號對紋枯病的抗性表現，第一期作平均爲 7.8，第二期作平均爲 6.8，與對照品種平均的 8.7 及 6.5 反應相近，顯示新品種對紋枯病的抗性表現不佳。對於縞葉枯病之抗性，台農糯 73 號的平均爲 5.7，優於對照品種的平均 8.3。

表 9. 水稻台農糯 73 號的病害檢定表現

Table 9. Performance of disease resistance of Tainung Waxy No. 73 rice variety

		1999		2001		2002		Mean	
Item	Infection	TN73[z]	TK1	TN73	TK1	TN73	TK1	TN73	TK1
1st crop season									
Leaf blast	Nursery	1[y]	1	9	7	8	4	6	4
Sheath blight	Paddy field	6.0	8.0	9.0	9.0	8.3	9.0	7.8	8.7
Bacterial leaf blight	Isolate XM-42	58	77	78	50	47	41	61	56
	Isolate XF-81	35	37	45	38	4	6	28	27
Bacterial leaf streak		1	7	9	9	7	9	5.7	8.3
2nd crop season									
Leaf blast	Nursery	5	4	4	1	4	4	4.3	3
Sheath blight	Paddy field	6.4	6.9	7.3	5.7	6.7	7	6.8	6.5
Bacterial leaf blight	Isolate XM-42	52	38	87	32	55	58	64.7	42.7
	Isolate XF-81	36	35	52	55	54	36	47.3	42
Bacterial leaf streak		—	—	—	—	—	—	—	—

[z] TN73:Tainung Waxy No. 73；TK1:Taikeng Waxy No. 1.

[y] Grade of pest resistance, 1:highly resistant; 9:highly susceptible.

表 10. 台農糯 73 號的蟲害檢定表現

Table 10. Performance of insect resistance of Tainung Waxy No. 73 rice variety

Rice variety	Year	Brown planthopper		Small brown planthopper	White-backed planthopper	Strip stem borer
		Seedling	Plant			
Tainung Waxy No. 73	1999	3[z]	5	5	3	7
	2001	9	7	9	9	5
	2002	9	7	9	9	7
	Mean	7	6.3	7.6	7	6.3
Taikeng Waxy No.1	1999	9	7	9	9	3
	2001	9	5	9	9	7
	2002	9	9	9	9	7
	Mean	9	7	9	9	5

[z] Grade of pest resistance, 1:highly resistant; 9:highly susceptible.

蟲害抗性：表 10 為台農糯 73 號進行蟲害的檢定結果。褐飛蝨的抗性可區分為秧苗及成株抗性，從表可以發現秧苗抗性台農糯 73 號平均反應為 7，對照品種平均反應為 9，成株抗性台農糯 73 號平均反應為 6.3，對照品種平均反應為 7；對斑飛蝨的抗性，台農糯 73 號平均反應為 7.6，對照品種平均反應為 9，對白背飛蝨的抗性台農糯 73 號平均反應為 7，對照品種平均反應為 9，顯示新品種對於飛蝨類的抗性優於對照品種。對於二化螟蟲的抗性，新品種的平均反應為 6.3，較對照品種的平均反應差。整體而言新品種對於蟲害的抗性已經有增進，但抗性都不強，對於蟲害的防治上仍要特別注意。

米質檢定

米粒之理化特性：在進行全國區域試驗的試驗點中，選取彰化縣大村鄉之試驗點稻米為材料，委託由台中區農業改良場進行米質檢定，檢定結果如表 11。第一期作台農糯 73 號的平均容重為 521.5 g，較對照品種的平均容重 506.8 g 重；碾糙率平均為 81.26%，與對照品種平均為 80.7%相近；參試二者的完整米率都偏低，原因乃當年遭遇梅雨連續侵襲導致米質劣化所致；米粒鹼溶性及膠體性質在參試二者都相近，而直鏈性澱粉含量在台農糯 73 號平均為 0.5，高於對照品種平均的 0.2，蛋白質含量在台農糯 73 號平均為 6.6，低於對照品種平均的 7.43。第二期作台農糯 73 號的平均容重為 524.1 g，較對照品種的平均容重 514.3 g 重；碾糙率平均為 81.4%，與對照品種平均為 80.6%相近；完整米率平均為 67.0%，低於對照品種平均為 70.7%；米粒鹼溶性及膠體性質在參試二者都相近，而直鏈性澱粉含量在台農糯 73 號平均為 0.4，高於對照品種平均的 0.3，蛋白質含量在台農糯 73 號平均為 7.2，低於對照品種平均的 7.6。從上述結果可以發現台農糯 73 號具有較高的稻穀容重、粗蛋白質含量較低、直鏈性澱粉含量較高以及完整米率較低等特點。

米粒的加工特性：糯稻的主要用途是加工，因此對於其加工性質的了解是非常重要的工作。以碾白的白米加工製成年糕及麻薯進行比較，表 12 發現台農糯 73 號作成的年糕，在熱時的硬度 (Hardness) 及黏度 (Cohesion) 測定值都顯著較對照品種高，平衡度 (Balance) 則差異不顯著，顯示新品種加工製成的年糕在熱狀態下與對照品種差異不明顯；待冷卻至室溫，台農糯 73 號製成年糕的硬度測定值顯著較對照品種高，黏度測定值則差異不顯著，平衡度則顯著較低，顯示以台農糯 73 號加工製成的年糕在冷卻後會比較硬。將新品種加工作成麻糬，硬度及黏度的測定值都顯著較

表 11. 水稻台農糯 73 號的米粒之理化特性

Table 11.Physiochemical characteristics of the grains of Tainung Waxy No. 73 rice variety

		Grain		Milling quality		Grain appearance		Cooking and eating quality					
Rice variety	Year	Test weight (g/l)	Water content (%)	Brown rice (%)	Head rice (%)	Brown rice length	Brown rice shape	Alkali digestion	Gelatinization temperature	Amylose content (%)	Protein content (%)	Gel consistency
1st crop season												
Tainung	2001	506.8	13.9	80.80	38.32	S	B	5.8	I/L	0.3	6.87	S
Waxy	2002	536.2	13.5	81.72	59.36	S	B	6.0	L	0.6	6.54	S
No. 73	mean	521.5	13.7	81.26	48.84	S	B	5.9	I/L	0.5	6.65	S
Taikeng	2001	488.3	13.7	80.44	42.00	S	B	5.8	I/L	0.2	7.13	S
Waxy	2002	525.3	13.7	81.00	64.04	S	B	6.0	L	0.2	7.73	S
No. 1	mean	506.8	13.7	80.72	53.02	S	B	5.9	I/L	0.2	7.43	S
2nd crop season												
Tainung	2001	533.2	13.9	81.20	69.48	S	B	6.0	L	0.4	6.67	S
Waxy	2002	515.0	13.5	81.72	64.64	S	B	6.0	L	0.3	7.71	S
No. 73	mean	524.1	13.7	81.46	67.06	S	B	6.0	L	0.4	7.19	S
Taikeng	2001	525.0	13.9	80.96	73.04	S	B	6.0	L	0.4	7.71	S
Waxy	2002	503.5	14.0	80.40	68.44	S	B	6.0	L	0.2	7.55	S
NO.1	mean	514.3	14.0	80.68	70.74	S	B	6.0	L	0.3	7.63	S

表 12. 水稻台農糯 73 號之加工特性

Table 12. Processing characteristics of the grains of Tainung Waxy No. 73 rice variety

Rice variety	Sample	Sticky rice cake 50℃ Hardness	Cohesion	Balance	Sticky rice cake Room temperature Hardness	Cohesion	Balance	Mochi Room temperature Hardness	Cohesion	Balance
Tainung Waxy No. 73	1	3.16	0.31	0.10	4.40	0.50	0.11	2.05	0.28	0.14
	2	2.52	0.30	0.12	4.90	0.41	0.08	2.87	0.23	0.08
	3	3.10	0.30	0.10	4.20	0.40	0.10	2.53	0.20	0.08
	4	2.85	0.28	0.10	4.23	0.31	0.07	3.75	0.25	0.07
	5	3.16	0.29	0.09	4.49	0.50	0.11	2.68	0.21	0.08
	6	3.90	0.38	0.10	4.71	0.35	0.07	3.43	0.26	0.08
	Mean	3.12	0.31	0.10	4.49	0.41	0.09	2.89	0.24	0.09
Taikeng Waxy No. 1	1	2.26	0.21	0.09	3.60	0.41	0.11	2.16	0.24	0.11
	2	3.00	0.32	0.11	2.23	0.32	0.14	2.77	0.20	0.70
	3	2.86	0.27	0.10	3.20	0.50	0.16	2.16	0.21	0.10
	4	1.80	0.25	0.14	4.00	0.46	0.12	2.58	0.20	0.80
	5	2.60	0.19	0.07	3.18	0.39	0.12	2.26	0.19	0.08
	6	2.40	0.28	0.12	3.87	0.38	0.13	2.17	0.20	0.90
	Mean	2.49	0.25	0.11	3.35	0.41	0.13	2.35	0.21	0.45
	t value (0.05)	2.44 [z]*	2.33*	0.31	4.01**	0.04	2.98**	1.95*	2.20*	2.25*

[z] * = Significant at 0.05 probability level; ** = Significant at 0.01 probability level.

表 13. 水稻台農糯 73 號加工麻糬之品評資料

Table 13. Pasting characteristics of the mochi of Tainung Waxy No. 73 rice variety

Character	Tainung Waxy No. 73-appreciated Judge no. [z]	Ratio (%)	Taikeng Waxy No. 1-appreciated Judge no.	Ratio (%)	Neutral Judge no.	Ratio (%)
Exam. 1	26	59	17	38	1	3
Exam. 2	30	47	30	47	3	6
Cohesion	20	31	43	69	0	0
Chewing response	44	69	17	26	2	5

[z] the sample size were 44 and 63 for example 1 and 2, respectively.

對照品種高，平衡度值則顯著較對照品種小，代表台農糯 73 號加工製成麻糬的咀嚼性較台稉糯 1 號佳。

將台農糯 73 號加工製成的麻糬進行官能品嚐，統計的結果如表 13。總計進行 2 次，第一次只有進行喜好程度評比，喜好台農糯 73 號的占總數比率 59%，遠高於對照品種；第二次則進一步進

行官能品評，結果對二者的喜好性比例相同，有 44%覺得台農糯 73 號比對照品種具有好的咀嚼性，反對者占 26%，但有 43%覺得台農糯 73 號的黏性較差，反對者占 31%。此評品結果與儀器測定的結果一致，顯示台農糯 73 號的澱粉性質與對照品種略有差異，造成差異的原因有待進一步研究。

討　論

Mackill (2003) 認爲未來十年水稻育種的趨勢有幾個方向：高食味品質並富含高營養成分的品種，尤其是穀粒中含有高的鐵及鋅；對生育環境的非生物性逆境具有抗/耐之品種，尤其是抗/耐旱能力；對生物性逆境具有較長久的抗/耐性的品種；對養分具有更有效率的吸收能力之品種；對於大氣環境的變動與污染有反應敏感之品種。顯然稻米已經脫離傳統上只是糧食的角色，多元化品種的選育與利用將成爲主流。加入世界貿易組織 (WTO) 以後，爲了延續國內的稻作產業，多元化的育種及推廣也許是振興稻作產業的另一策略。

台農糯 73 號的育種期間總計花費 12 年，具有植株整齊度高及穀粒糯化均一的特性。台農糯 73 號的稻穀產量，在第一期作平均有 6,876 kg/ha，第二期作平均有 4,627 kg/ha 的表現，遠優於對照品種台梗糯 1 號。穀粒大而且千粒重量重是另一項特色，台農糯 73 號的單一稻穗重量在兩期作都在 2.0 g 以上，屬於穗重型的品種，千粒重平均約 28 g 較對照品種增重約 2.5 g，穀粒大而飽滿。此品種耐肥性佳並抗倒伏，稻穀產量隨氮肥施用量的增加而增加，以施用量 80 kg/ha 爲基準，在兩期作台農糯 73 號的報酬效益都呈正值，即使在氮肥施用量增加至 200 kg/ha，植株亦只有發生微斜，而對照品種已經發生倒伏，顯示台農糯 73 號的耐肥能力強，而每公頃最適當的施氮量在 120 kg 左右。更突出的是台農糯 73 號的穀粒落粒性低，不但試驗室內的檢定資料比台梗糯 1 號低，在實際的田間表現更是明顯，而且植株後期老化速度慢，雖然台農糯 73 號的生育天數較對照品種晚 3 天，但在穀粒收穫時期的劍葉枯黃的程度及稻株莖稈老化的速度比台梗糯 1 號緩慢許多，使得其收穫的時間可以拉長，不若一般稉糯品種，一到適收期就要馬上採收，不然稻株就會發生倒伏，大大增加栽種的風險。糯米最重要的用途是加工，台農糯 73 號的加工產品也具有特色，以白米加工做成的年糕及麻糬，以儀器測定或人工品評都具有較台梗糯 1 號好的咀嚼性。

然而還不是很理想的特性有抵抗寒害的能力不佳，不但沒有維持台梗糯 1 號耐寒能力，反而降低；其次其完整米率偏低，此特性雖然可能與穀粒較大有關，但在進行碾白加工時還是要特別注意。此外其對部份病蟲害的抵抗能力較差，在抗病蟲性上的表現與台梗糯 1 號相似，但對白葉枯病、紋枯病、斑飛蝨、白背飛蝨及二化螟蟲等蟲害之抗性表現不理想，栽培時應注意防治。

種植台農糯 73 號的田間栽培管理方式與台梗糯 1 號相同，只是其葉色較台梗糯 1 號濃綠，而且耐肥能力強，稻穀產量又隨施氮量的增加而增加，雖然其對葉、穗稻熱病雖具有中等抵抗性，對褐飛蝨的抗性也表現較台梗糯 1 號好，但對白葉枯病、紋枯病、斑飛蝨、白背飛蝨及二化螟蟲等之抗性表現仍欠佳，在重肥下恐怕對於病蟲害的防治將更爲困難，因此氮肥的施用量最好每公頃在 120 kg 左右比較恰當，千萬不可過量，而且在生育過程中應該隨時注意各地區改良場所單位對水稻病蟲害預測情報，並依據田間實際危害情形，給予適時、適藥及適量的防治。另外，台農糯 73 號的耐寒能力比台梗糯 1 號差，在栽種台梗糯 1 號會發生寒害的地區，一定要注意防範，例如在第一期作的南部及東北季風強的沿海區域，要將插秧時期延後，在第二期作的中南部以北的水稻栽培區域，則要避免太晚移植，以避開抽穗時期遭受東北季風爲害，造成不稔或稔實不佳。

誌 謝

本品種的育成是一個團隊合作的成果，感謝改良場所的水稻研究人員的協助。

引用文獻 (Literature cited)

Anonymous. 1990. Annual Report of Rice Improvement. Department of Agriculture and Forestry of Taiwan Provincial Government. Taiwan. Nantou. 787 pp. (in Chinese)

Anonymous. 1996. Annual Report of Rice Improvement. Hualein District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan. Taiwan. Hualein. 411 pp. (in Chinese)

Anonymous. 2000. Annual Report of Rice Improvement. Taichung District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan. Taiwan. Changhua. 310 pp. (in Chinese)

Anonymous. 2001. Annual Report of Rice Improvement. Tainan District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan. Taiwan. Tainan. 271 pp. (in Chinese)

Anonymous. 2002. Annual Report of Rice Improvement. Kaohsiung District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan. Taiwan. Pingtung. 363 pp. (in Chinese)

Anonymous. 2003. Annual Report of Rice Improvement. Hualein District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan. Hualein, Taiwan. 363 pp. (in Chinese)

Anonymous. 2005. American Rice. USA Rice Federation Pub. Taipei, Taiwan. 13 pp.

Eberhart, S. A. and W. A.Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Sci. 6:36-40.

IRRI. 1996. Standard Evaluation System for Rice. IRRI press, Los Banos, Laguna, Philippines. 52 pp.

Mackill, D. J. 2003. Biotech won't soom replace "conventional" breeding. p.34. *in*: Rice Today 2003.2 (1), IRRI press, Los Banos, Laguna, Philippines.

Development of a New Japonica Type Waxy Rice Variety-Tainung Waxy No.73

Ming-Hsin Lai[2], Charng-Pei Li[2], Ching-Shan Tseng[2],
Hsin-Mu Yen[2] and Chyr-Guan Chern[2,3]

Abstract

Lai M. H., C. P. Li, C. S. Tseng, H. M. Yen, and C. G. Chern.2006. Development of a new japonica type waxy rice variety- Tainung Waxy No.73. J. Taiwan Agric. Res. 55:263~279.

A new japonica type waxy rice variety was developed after more than 12 years of breeding by crossing the female Taikeng Waxy No.1, a Japonica glutinous rice variety, with the male Taikeng No.16 in 1992, and was named and registered as Tainung Waxy No.73 in 2004. During the regional yield trails, it was planted in 6 cultivated areas for 4 crop seasons using Taikeng Waxy No.1 variety as a control. The results showed that the average growth period of Tainung Waxy No. 73 was 120 days in the first crop season and 108 days in the second crop season, which were 3 days longer than control at both seasons. The new waxy rice was a heavy-ear variety with grain weight of 2 g per panicle and the average weight of 28 g per 1000 grains. The average grain yields of Tainung Waxy No. 73 were up to 6,876 kg and 4,627 kg per hectare for the first and the second crop season, respectively, about 10% higher than control. This new variety has better characteristics of lodging, shattering and stem stalk vigor than the control. The chewing of sticky rice cake and mochi making by Tainung Waxy No. 73 were also better than the check variety according to the artificial and personal pasting tests. The Tainung Waxy No. 73 displays medium resistance to leaf and panicle blast diseases, but showed susceptibility or moderate susceptibility to sheath blight, bacterial leaf blight, brown planthopper, smaller brown planthopper, white backed planthapper, and strip stem borer.　Attention should be paid to prevent the pest damage during cultivation.

Key words: rice, waxy, Tainung Waxy No.73, breeding.

---

1. Contribution No. 2273 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted: November 15, 2006.
2. Associate Researcher,Assistant Researcher, Agronomy Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Corresponding author, e-mail: cgchern@wufeng.tari.gov.tw；Fax: (04)23302806.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 55(4):280~293(2006)

台灣水稻田溫室氣體排放之估算研究

姚銘輝[2,4] 陳守泓[2] 陳述[3]

摘 要

姚銘輝、陳守泓、陳述。2006。台灣水稻田溫室氣體排放之估算研究。台灣農業研究 55:280~293。

本研究目的在評估 DNDC (De Nitrification and De Composition) 模式在不同耕作管理及氣候情境下，對於台灣水稻田溫室氣體排放估算之能力。經與實測值比較之結果顯示，水稻田二氧化碳及甲烷排放量以 DNDC 模式模擬可得到符合實際之結果，同時，由土壤質地，水分管理及氣候情境的敏感度分析，可瞭解溫室氣體排放的潛勢，如果能配合更多土壤或管理的資料，DNDC 模式可作為估算農業生產過程溫室氣體排放的可接受工具。此外，模式估算和地理資訊系統相結合，由不同空間差異資訊下，將扮演評估台灣水稻田溫室氣體排放潛力之重要角色。

關鍵詞：水稻、溫室氣體、氣候變遷、地理資訊系統

前 言

一般認為氣候變遷是溫室氣體（greenhouse gas）排放所致，造成地球表面反射之長波輻射無法排出，而使全球氣溫昇高。依據統計，全球百年來陸地溫度約上昇 0.5℃ (IPCC 1995)，此趨勢和大氣中溫室氣體濃度（尤其是二氧化碳）上昇趨勢相一致，因此有關溫室氣體排放估算對於地球升溫速率及氣候變遷預測極為重要。而有關我國農田溫室氣體排放量估算部分，過去相關研究較著重於田間量測 (Yang & Chang 1999；Yang *et al.* 2003)，尚未以模式作大面積估算工作，而這部分卻是國家排放清冊及基線建立之重要依據。

在農業生產過程中，溫室氣體有吸存及排放兩種角色，由於農作物相較於森林作物有較多人為耕作部份，包括作物選擇、種植方式、施肥及水分管理等，具有增加吸存及減少排放的潛力，但相對也使得估算溫室氣體排放較為複雜，除氣候及土壤等因素外，包括作物種類、耕作方式、施肥量及施肥時期等，皆直接或間接影響估算量。目前有關於農田溫室氣體排放估算模式之發展，早期是以迴歸關係建立排放量與作物生質量 (Kern *et al.* 1997) 及產量 (Anastasi *et al.* 1992) 之關係式，後來以機制型模式為發展重心，如 MERES (Matthews *et al.* 2000)，CENTURY (Parton 1996)，InfoCrop (Aggarwal *et al*. 2004) 及 DNDC (Li 2000)。其中以 DNDC 模式較適用於我國農田溫室氣體之排放估算，主要原因是該模式普遍運用在區域排放量估算上，特別是東亞有水稻生產之國家。Cai *et al.*

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2274 號。接受日期：95 年 12 月 5 日。
2. 本所農工組副研究員、聘用人員。臺灣 臺中縣 霧峰鄉。
3. 本所作物種原組助理研究員。臺灣 臺中縣 霧峰鄉。
4. 通訊作者，電子郵件：mhyao@wufeng.tari.gov.tw；傳真機：(04)23331673。

(2003) 利用 DNDC 模式探討東亞（包括日本、中國及泰國）耕作系統之溫室氣體的排放。雖然有些地區因特殊土壤條件及水稻品種導致預測稍差外，以較長時間尺度（季或年）的估算則符合各地的實測值，而由相關評估結果也說明 DNDC 模式是估算生態系溫室氣體釋放一項有效工具。同時，Smith *et al.* (2002) 由加拿大不同土壤和氣候環境作評估，發現 DNDC 模式所作預測值較 IPCC 推薦之 N_2O 釋放估算方法準確。

本研究擬探討 DNDC 是否適用於我國水稻田溫室氣體排放推估，同時作爲減量策略及作物栽培管理決策依據。但因農業生產過程受多重且複雜環境所影響，包括氣候、土壤、病蟲害及管理技術等，溫室氣體排放量也同樣受到環境影響，因此，減量策略必須在環境條件及栽培管理上可行才足以推廣，模式模擬結果可提供減量策略之可行性評估，在有限時間及資源下找出各種方案之限制因素及因應對策。另爲研究成果展現，模式所得到推估值可和地理資訊系統 (GIS) 連結，作爲動態資料更新之平台，運用地理統計之時間及空間分析技術，繪製農業生產區溫室氣體排放潛勢圖，藉以提供氣候變遷衝擊評估，農業永續經營及農地利用規劃等公共政策研究的基本資料。

材料與方法

模式結構及參數

DNDC 模式是以土層溼度變化作爲模式開發的主軸，所輸入資料包括三項，1. 氣象因素：每日平均最高溫、平均最低溫、日射量及累積雨量。2. 土壤特性：質地、容積密度、土壤酸鹼度和有機碳含量。3. 栽培管理參數：作物種類、種植時間和方式等。模式輸出值爲每日土壤碳通量，包括 CO_2、CH_4 及溶解有機碳；氮素方面，包括 N_2O、N_2、NO 和 NH_3 之每日通量等。DNDC 模式經過多次修改，包括土壤物理－化學過程的交互關係，以及氣象條件的適應性等 (Li *et al.* 1994)。

DNDC 模式就結構而言，可分四個次模式，分別描述如下：(1) 土壤/氣候次模式：預測土溫和土層溼度剖面，及單位時間植體的吸收速率。土層溫度和溼度剖面是由一維土壤熱流通量和溼度流量模式計算而來，但有些設定值，如表面逕流及土層 20 cm 內根密度視爲均一性，蒸散損失也僅限於 20 cm 之內等。(2) 作物/植體生長模式：預測作物生長之生質量 (biomass) 和穀粒、桿、根含氮量；蒸散量是由作物生長和個別作物之水分利用效率參數計算而來。(3) 四種土壤碳素分解模式：包括 litter、labile humus、passive humus 和微生物生質量等。每一種 pool 有固定分解速率及碳氮比值，而分解速率受土壤質地、土溫、濕度和氮素限制的潛勢影響。(4) 脫氮次模式：脫氮過程受土壤溼度增加和土壤氧利用率減少影響，其中土壤氧化還原電位則依據土壤有機物含量分解所需耗氧量計算。

模式模擬條件及資料驗證

DNDC 模擬是以田區整年排放量爲評估單位，本研究主要針對水稻田之排放，配合水稻耕作時序進行模擬。除一、二期水稻外，也假設二期作水稻收割後種植綠肥作物（油菜），至隔年一期作插秧前將其翻犁入土壤中。施肥量則依據施肥手冊之推薦用量，模式模擬過程中不考慮雜草及病蟲害問題。

模式所預估結果需經田間實際驗證才有意義，但這部份卻是目前溫室氣體監測執行的限制因素。國際上是以田間溫室氣體通量 (flux) 量測作爲實測值的來源，其原理是利用統計學上共變異

數 (covariance) 觀念，由量測 CO_2、水汽、垂直風速及溫度而得到各種通量，這種方式以大面積田區為量測範圍，具有非破壞性及長期監測的功能，為溫室氣體監測或驗證重要工具。過去農試所利用通量方式觀測水稻田在生育期間之 CO_2 通量資料可作為模式驗証之用 (Yao & Chen 2005)。至於水稻田 CH_4 排放資料，是依據 Yang & Chang (1999) 在台北地區所量測之資料，量測方法為靜置箱法 (static chamber method)。兩項實測值之詳細量測方法及條件請參閱原始文獻。

敏感性分析

針對土壤特性包括不同質地，容積密度及酸鹼度對作物生長及溫室氣體排放進行敏感度分析，並分別在分蘗期間以不同排水日數探討水稻田水分狀態對稻田土壤之溫室氣體排放之影響。DNDC 模式結果除提供 CO_2，CH_4 與 N_2O 之排放量外，同時計算全球暖化潛勢值 (Global warming potential,GWP)，其定義為溫室氣體吸收長波輻射所截取熱量之指標，若以 CO_2 吸收熱量值為 1，則 CH_4 為 21，N_2O 為 310 (Watson *et al.* 1996)。其計算式為：

$$GWP = CO_2 + CH_4 \times 21 + N_2O \times 310$$

另探討未來可能氣候情境 (scenarios) 對農田溫室氣體排放的影響，尤其是溫度、降雨量及大氣 CO_2 濃度提高後之影響，此氣候情境之不同敏感性分析可作為未來減量策略之參考。

農業溫室氣體排放潛勢評估

選取中央氣象局局屬 103 站，每站觀測資料包括平均最高溫、平均最低溫度及降雨量資料，將測站氣象資料及土壤性質資料一併輸入 DNDC 模式，所得預測值以地理資訊系統 ArcGIS 空間分析模組將其面化，可得到全國溫室氣體排放之潛勢圖。

結　　果

本研究所用 DNDC 模式是依據美國農業環境所研發 (Li *et al.* 1994)，在用於預估我國農田溫室氣體排放量前需經驗證，才能確保模式的適用性。因此，模式推估值與田間實測值之比較是首先需完成之工作。由於水稻田（湛水環境）排放 N_2O 甚少，所以模式驗証以 CH_4 及 CO_2 為主。圖 1 為 DNDC 模擬水稻田 CH_4 釋放通量和 Yang & Chang (1999) 實測值之比較。模擬和量測是依據台北 1995 年水稻一期作之結果，模式輸入值按實測值之條件設定，該期作水稻之插秧期為 3 月 14 日（太陽日 74 日），生育初期 DNDC 模式預估 CH_4 排放量甚低，至分蘗期開始則大幅增加，生育後期則迅速降低。實測值大致符合水稻生育變化，但因為僅是點資料，且所顯示數值是當日最高值和最低值之平均，因此比較上較為困難，而依據實測值估算一期作生育期所排放 CH_4 量為 2.6 - 11.7 gm^{-2} (Yang & Chang 1999)，DNDC 所模擬結果則為 15.3 gm^{-2}，預估值較實測值有偏高現象。雖然模式盡可能依據實測值條件作設定，但仍有一些參數並未實測，加上 CH_4 排放受環境或耕作方法影響極大，例如，Yang & Chang (1999) 同時比較 1996 年一期作連續湛水 CH_4 排放量為 32.6 gm^{-2}，間歇性灌溉為 11.7 gm^{-2}，兩種處理相差 3 倍，本研究結果顯示利用 DNDC 所模擬 CH_4 結果可符合田間實際狀況。

在 DNDC 模式估算式中並無群落上方之 CO_2 通量淨值，本研究利用作物植體每日 CO_2 固定量扣除土壤及根部之 CO_2 排放量，所得數值和 CO_2 通量觀測儀所測田間實測值作比較（圖 2），該實測值是 2004 年在農業試驗所農場所觀測的結果，由圖中可知 DNDC 模擬值和觀測值的變化大致上相近，同時也隨水稻生育期間之葉面積伸展變化，但模擬通量值在生育初期較觀測值有偏高，生育

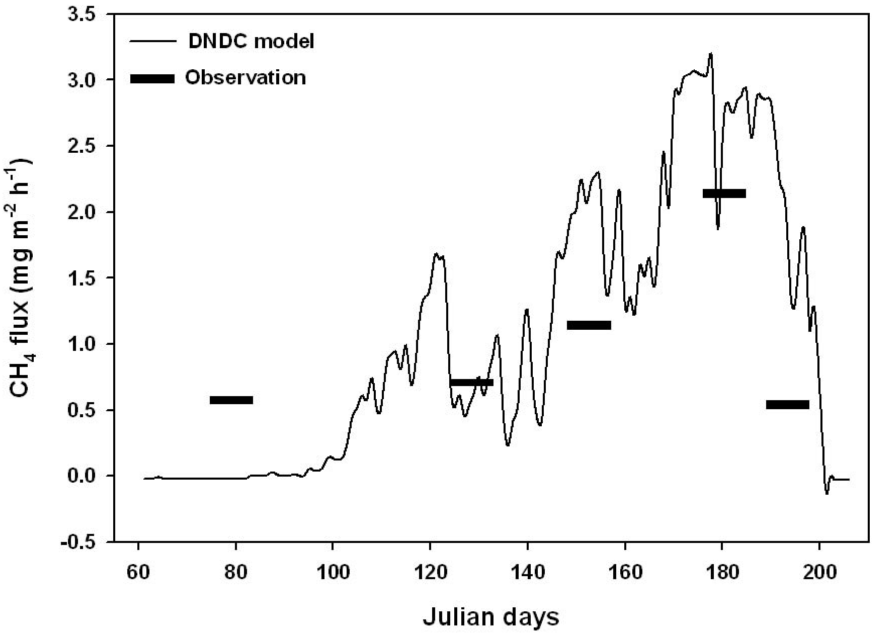


圖 1. 比較台比地區水稻一期作甲烷通量之實測值及模式預估值差異。

Fig 1. Comparisons between the measured and predicted CH_4 flux in a paddy field during the first cropping season in 1995, Taipei.

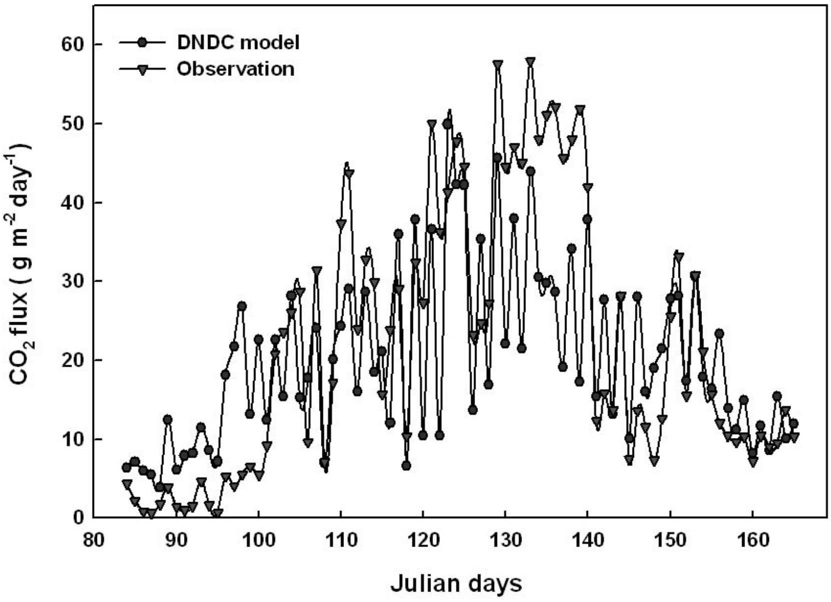


圖 2. 比較台中地區水稻一期作群落上方二氧化碳之實測值及模式預估值差異。

Fig 2. Comparisons between the measured and predicted CO_2 flux from above the canopy of rice during the first cropping season in 2004, Taichung.

中期則有偏低，生育後期則兩者相近。由於水稻葉面積指數在 DNDC 模式預估值及田間實測值兩者相近（資料未顯示），通量值差異可能原因在於模式光合作用的估算參數對環境變化之反應不同，這部分仍需更多資料才能有確切了解，不過由整個生育期每日平均 CO_2 固定量，DNDC 模式模擬值為 20.2 gm^{-2}，實際觀測值為 21.8 gm^{-2}，兩者差異不大，綜合 CH_4 及 CO_2 之驗證結果，DNDC 模式可作為水稻田評估溫室氣體排放之工具。

表 1 為土壤性質與溫室氣體排放之敏感度分析。土壤質地粘粒含量高則 CH_4 含量相對較低，不同質地土壤差異極大。另外，CO_2 排放量和 CH_4 反應相近，N_2O 雖隨粘粒含量增加而遞減，但反應較不明顯，至於作物產量之敏感度則不若溫室氣體排放顯著，穀粒、桿及根之生質量累積對土壤質地的反應也相一致。容積密度 (bulk density) 是指土壤孔隙度，土壤越鬆軟或含有機質較高時，則密度越低，當容積密度範圍為 1.1-1.6 間時，CH_4 及 N_2O 的反應趨勢相近，隨密度增加，排放量減少一半，CO_2 則減少三分之一。另由土壤酸鹼度的敏感度分析中，pH 5.5- 8.0 之間有極大差異，土壤 pH 值高則有機物分解快速，CH_4 釋放量高，而酸性土壤則釋放量相對較低。

如果以年際間變異而言，溫室氣體排放主要受每年之氣候條件影響，而 DNDC 模式之氣候敏感度分析可瞭解各項氣象因子對排放量之影響程度。表 2 將溫度分別以 0.5℃幅度增溫，最高增溫 5℃，結果顯示 CH_4 及 N_2O 明顯依增溫幅度而增加排放量，但 CO_2 排放反而不明顯。因此可推論，當未來氣候變遷加劇時，農田溫室氣體排放以 CH_4 及 N_2O 對氣候環境較敏感。另在降雨量影響溫室氣體排放部分，表 2 比較不同年度之排放量，2003 年為乾旱年份，農試所氣象站所紀錄之年累積雨量為 960 mm；2005 年則為多雨年份，年累積雨量為 2331 mm。雖然水稻田皆以連續湛水模擬，但兩個年度對於 N_2O 的排放估算量差異極大，乾旱之 2003 年 N_2O 排放量將近是 2005 年 10 倍以上，而 CH_4 在乾旱年度也明顯高於雨量充沛的年度。此外，當大氣中 CO_2 濃度增加對 CH_4 影響遠大於 N_2O，這是因碳源增加，大氣 CO_2 濃度由目前 350 ppm 提高至 750 ppm，水稻田 CH_4 釋放量由 531 kg ha^{-1} 增加至 653 kg ha^{-1}。

DNDC 模式是以土層溼度變化作為各項參數估算的依據，因此農田土壤水分含量變化直接影響溫室氣體的排放，水稻整個生育期除分蘗時期外，大部分皆以湛水條件生長。圖 3 是探討 2004 年水稻一期作分蘗期間，不同排水日數對 CH_4 及 N_2O 排放量之影響，隨排水日數增加則 CH_4 下降，同時 N_2O 上升，本研究也比較不同年度氣象環境對於排水處理的差異，雖然結果相似，但幅度則差異甚大（資料未顯示），然而在實際水稻田對於土壤水分監測或控制並不容易，這將影響對溫室氣體排放之估算，圖 4 所示為 2002 年各地區水稻田溫室氣體排放潛勢之分析，耕作制度為水稻-水稻-油菜，水稻種植期間水分管理以連續湛水處理，將每一地區之土壤及氣候條件輸入 DNDC 模式作估算，估算值由地理資訊系統依據空間分析模組，繪製水稻田溫室氣體之排放潛勢圖。圖中我國中央山脈地區因屬高地，氣溫偏低，除影響作物產量外，溫室氣體排放也相對減少；農耕區地勢平坦，土壤特性適合水稻生育，CO_2 及 CH_4 明顯有較高排放潛勢，在農耕區之水稻田整年 CH_4 排放量大約在 300-500 kg ha^{-1} 之間。另圖 4 之 N_2O 在農耕區並不明顯，這可由表 2 之氣候敏感度分析得知，N_2O 除受溫度影響外，降雨量也影響肥料分析過程，但降雨量較無區域性差異，因此 N_2O 排放量在台南縣及高雄縣等農耕區域反而較不明顯。至於 GWP 值以西部地區明顯較高，同時在北、中、南農耕區有明顯高值範圍，山區則排放潛勢明顯偏低，而整體 GWP 範圍在 46000-110000 kg CO_2 ha^{-1} 之間。

表 1. 不同土壤質地、容積密度及酸鹼度對水稻田產量及溫室氣體排放之敏感度分析

Table 1. The sensitivity analysis of production and greenhouse gases emissions in paddy fields under different soil texture, bulk density and soil pH conditions

	Bulk	Soil	1st crop (kg ha^{-1})			2nd crop (kg ha^{-1})			Greenhouse gas (kg ha^{-1} $year^{-1}$)			
Soil texture	density	pH	Grain	Straw	Root	Grain	Straw	Root	CO_2	CH_4	N_2O	GWP
Sand (0.03 [z])	1.4	6.0	7018	6316	702	5660	5094	566	32802	12425	3.9	470073
Loamy sand (0.06)	1.4	6.0	7035	6331	703	5891	5302	589	32863	5346	7.2	273688
Sandy loam (0.09)	1.4	6.0	7049	6344	705	5916	5325	592	32501	3163	7.2	211250
Silt loam (0.14)	1.4	6.0	7040	6336	704	6073	5466	607	31064	2351	7.4	183332
Loam (0.19)	1.4	6.0	7042	6338	704	5877	5289	588	29862	1827	7.3	164236
Sandy clay loam (0.27)	1.4	6.0	6678	6010	668	5687	5119	569	26727	1432	4.4	140234
Silty clay loam (0.34)	1.4	6.0	6080	5472	608	5415	4873	542	24305	327	2.9	99659
Clay loam (0.40)	1.4	6.0	6171	5554	617	5364	4827	536	21519	488	2.1	93584
Sandy clay (0.43)	1.4	6.0	6444	5800	644	5426	4883	543	20916	582	1.9	93906
Silty clay (0.49)	1.4	6.0	6568	5911	657	5065	4559	507	18888	756	0.9	90844
Clay (0.63)	1.4	6.0	5549	4994	555	4339	3905	434	15722	344	0.4	67490
Clay loam (0.40)	1.6	6.0	6557	5901	656	5855	5269	585	24771	639	2.3	109819
Clay loam (0.40)	1.5	6.0	6388	5749	639	5611	5050	561	23132	562	2.6	101802
Clay loam (0.40)	1.4	6.0	6171	5554	617	5364	4827	536	21519	488	2.1	93584
Clay loam (0.40)	1.3	6.0	5951	5356	595	5103	4593	510	19909	416	2.1	85676
Clay loam (0.40)	1.2	6.0	5713	5142	571	4831	4348	483	18307	355	1.2	77676
Clay loam (0.40)	1.1	6.0	5661	5095	566	4553	4098	455	16712	322	1.1	70804
Clay loam (0.40)	1.4	8.0	7049	6344	705	6580	5922	658	21474	1265	1.6	114939
Clay loam (0.40)	1.4	7.5	6898	6208	690	5826	5244	583	21496	991	2.0	107552
Clay loam (0.40)	1.4	7.0	6324	5691	632	5533	4980	553	21512	770	2.2	101538
Clay loam (0.40)	1.4	6.5	6183	5565	618	5410	4869	541	21518	623	2.2	97439
Clay loam (0.40)	1.4	6.0	6171	5554	617	5364	4827	536	21519	488	2.1	93584
Clay loam (0.40)	1.4	5.5	6184	5566	618	5345	4810	534	21520	348	1.9	89568

[z] clay fraction of soil by weight.

表 2. 2003 年及 2005 年不同溫度、降雨及二氧化碳濃度對水稻田溫室氣體排放之敏感度分析

Table 2. The sensitivity analysis of greenhouse gases emissions under different temperature, rainfall, and ambient CO_2 concentration during the years of 2003 and 2005.

Temp. (℃)	Rainfall (% of control [z])	CO_2 (ppm)	2003				2005			
			CO_2 (kg C/ha)	N_2O (kg C/ha)	CH_4 (kg C/ha)	GWP (kg CO_2/ha)	CO_2 (kg C/ha)	N_2O (kg C/ha)	CH_4 (kg C/ha)	GWP (kg C/ha)
+0	1	350	21244	21.0	531	102955	20689	1.8	369	87041
+0.5	1	350	21334	22.7	586	105693	20783	2.0	425	89073
+1.0	1	350	21434	24.7	631	108316	20943	2.3	479	91278
+1.5	1	350	21520	26.4	664	110369	21012	2.6	539	93380
+2.0	1	350	21690	28.2	690	112314	21105	2.9	588	95273
+2.5	1	350	21707	29.8	710	113992	21221	3.4	617	96716
+3.0	1	350	21751	31.4	732	115563	21261	3.7	637	97616
+3.5	1	350	21692	32.9	744	116308	21364	4.2	648	98518
+4.0	1	350	21584	34.1	756	116893	21452	4.5	660	99319
+4.5	1	350	21533	35.6	764	117688	21477	5.2	674	100161
+5.0	1	350	21453	36.5	775	118118	21385	5.7	687	100409
+0	120	350	21259	17.2	529	101501	20691	1.9	369	86984
+0	115	350	21252	18.0	530	101150	20689	1.8	369	87041
+0	110	350	21248	19.4	530	102210	20691	1.7	369	87029
+0	105	350	21241	19.4	531	102205	20686	1.9	369	87088
+0	100	350	21244	21.0	531	102955	20689	1.8	369	87041
+0	95	350	21238	21.3	531	103121	20680	2.3	369	87299
+0	90	350	21223	21.8	532	103320	20680	1.6	369	86953
+0	85	350	21211	20.6	550	103215	20680	1.6	369	86953
+0	80	350	21214	22.8	533	103812	20660	2.9	369	87521
+0	1	350	21244	21.0	531	102955	20689	1.8	369	87041
+0	1	450	21223	21.0	594	104670	20670	1.8	402	87914
+0	1	550	21215	21.0	630	105643	20658	1.8	422	88434
+0	1	650	21209	21.0	648	106130	20651	1.8	433	88708
+0	1	750	21207	21.0	653	106265	20646	1.8	436	88761

[z] Control：actual rainfall of 2003 or 2005.

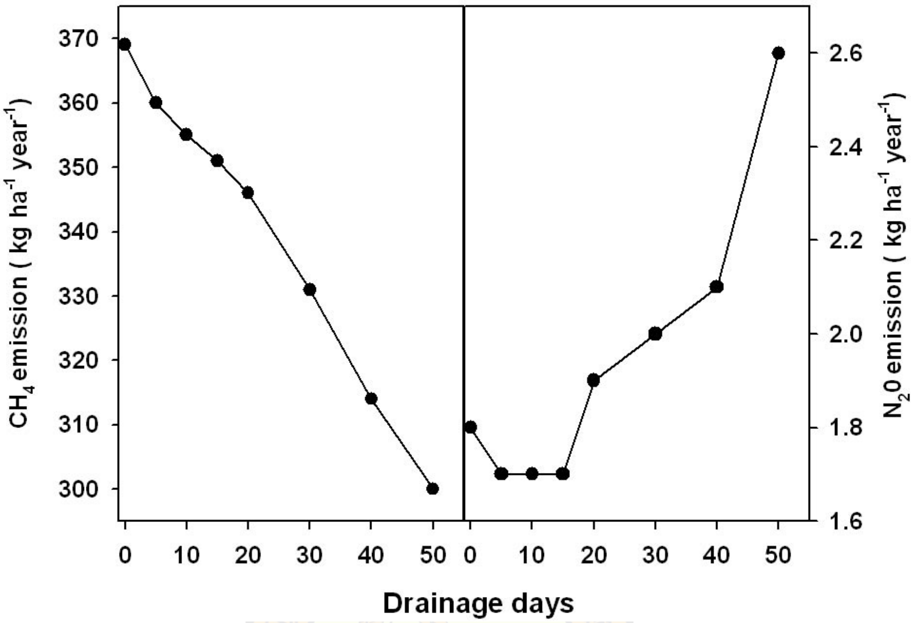


圖 3. 水稻分櫱期間不同排水日數對甲烷及氧化亞氮排放之敏感度分析。

Fig 3. The sensitivity analysis of CH_4 and N_2O emissions from different drainage days during the tillage stage of rice.

討　　論

國際社會對氣候變遷議題相當重視，1997 年在日本京都召開國際會議，會中訂定”京都議定書”，希望以國際共同力量防止或減緩溫室氣體的排放，同時訂有各國減量負擔及經濟制裁，此措施將衝擊我國經濟發展及農業生產。我國行政院則於 94 年成立『氣候變遷暨京都議定書因應小組』，積極規劃因應政策，其中包括農業溫室氣體排放清冊估算及基線建立，因必須瞭解排放量才能進行成本估算及減量措施研擬。

DNDC 雖經由不同土壤質地之短期及長期實測加以驗證 (Li *et al.* 1994 2000)，但溫室氣體通量在農業生態系中有很高空間及時間上的變異，包括生態因素（氣候、植生及人爲活動等），土壤環境因素（如土溫、土壤溼度、酸鹼度、還原電位和受質濃度梯度）及生化反應 (Li *et al.* 2004)。因此，田間溫室氣體排放量的量測，對於模式驗證非常重要。目前量測方式分爲密閉式（靜置箱法）和開放式（微氣象法，micrometeorological method）。前者以人工至田間抽取氣體樣品分析，僅能有某一時間點的資料，但量測成本低廉，同時不受田區限制，是溫室氣體排放之主要量測方法。微氣象法是利用儀器直接置於田間作長期觀測，所得資料是連續性，包括日夜間變化，但缺點是設備昂貴，且受吹風距離 (fetch) 限制。Laville *et al.* (1997) 曾比較靜置箱法、渦流相關法 (eddy correlation method) 及雷射吸收光譜法 (tunable diode laser absorption spectrometer) 三種方法在 N_2O 量測上之差異，發現三種方法所得結果相近。在國內，台大楊盛行教授已有多年利用靜置箱法量測 CH_4 及 N_2O 之資料，可作爲 DNDC 模式驗證之用，但由圖 1 結果說明，利用靜置箱法所得數據資料雖符合水稻生育階段之變化，但受限於取樣方法，無法依據每日不同氣候條件和 DNDC 之推估值作比較，但目前僅有此資料，並且由實測值推估整個生育期的結果與模式預估值相近；至於 CO_2 較爲複

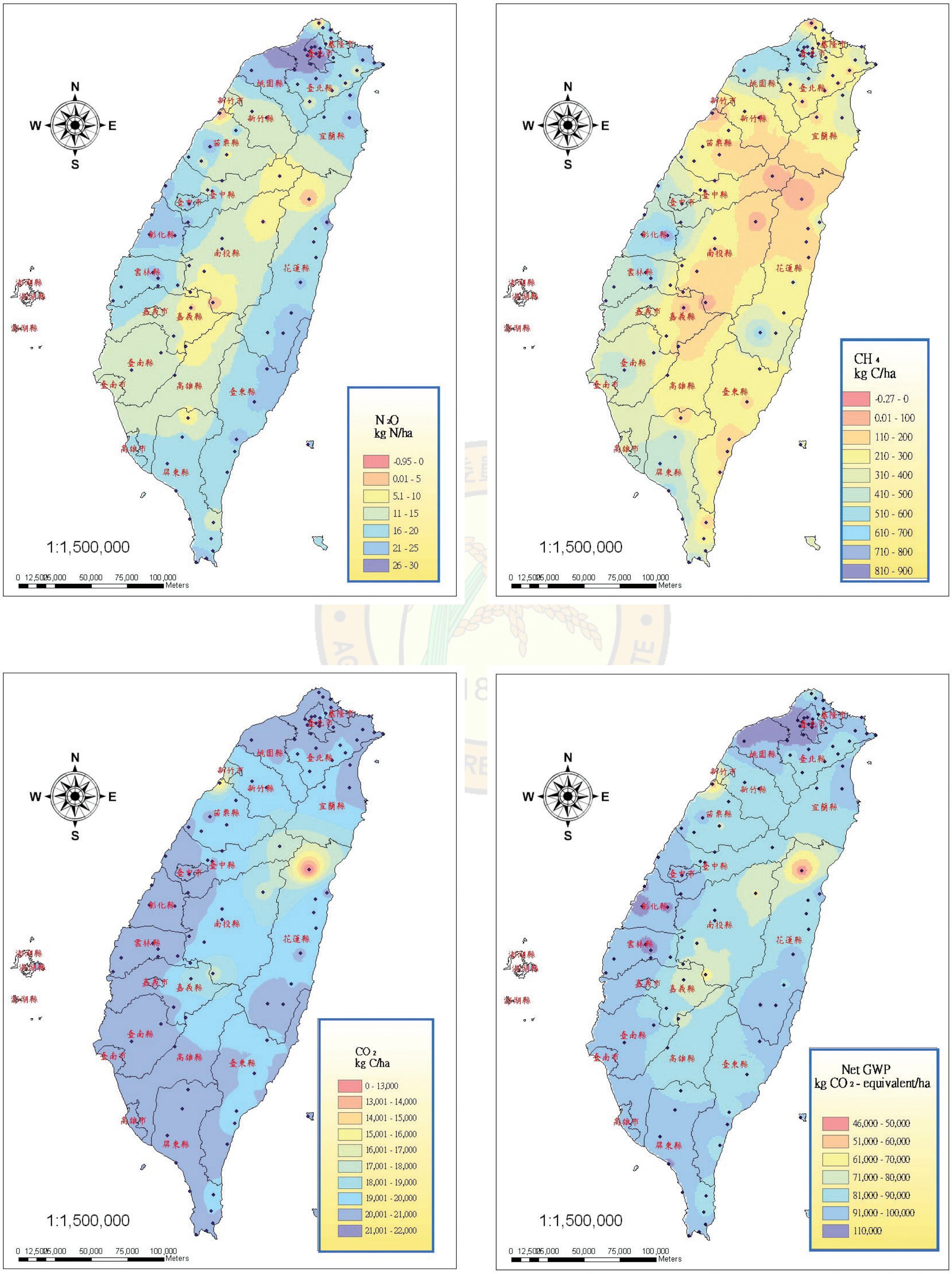


圖 4. 台灣以縣爲尺度之水稻田溫室氣體排放潛勢圖。

Fig 4. DNDC-modeled greenhouse gases emissions in rice agricultural land with county scale in 2002, Taiwan.

雜，因其來源包括呼吸（地上部及根部）及葉片固碳作用，如果以靜置箱法將限制空氣對流，箱內會因葉片吸收而減少 CO_2 濃度，以開放式之渦流相關法則以不破壞群落結構而量測通量變化，本研究所完整量測之資料可作爲 CO_2 排放量之驗證，雖然實測值和預估值在水稻不同生育階段反應不同，但生育期間平均排放量極爲相近，這說明 DNDC 模式在預估我國水稻田溫室氣體排放具有適用性。

DNDC 模式在估算各項參數或輸出值之計算式，可由 Zhang *et al.* (2002)之附錄說明得知。其中 CH_4 產生受土壤質地、土溫、氧化還原電位及土壤酸鹼度影響。由表一可知土壤粘粒含量明顯影響 CH_4 釋放量，實測資料也證實土壤中黏土含量和 CH_4 釋放量呈負相關 (Sass *et al.* 1994)，Denier van der Gon & Neue (1996) 觀察不同黏土含量土壤之 CH_4 季節變化，黏土含量 66%及 21%，CH_4 釋放量分別爲 20.1 及 36.1 g m^{-2}。黏土可保護有機物質裂解及促使土壤捕捉 CH_4 而減少釋放 (Wang *et al.* 1993)。Li *et al*. (2002) 分析中國各地區水稻田 CH_4 排放量，結果顯示由極細到極粗之土壤質地，可決定 CH_4 排放量 80%之變異。但粘粒含量也影響水稻田之 CO_2 及 N_2O 排放量，黏土（粘粒含量 0.63）雖然整體溫室氣體排放量最低，但水稻產量也最低。我國土壤容積密度平均約爲 1.3 (Juang *et al.* 2005)，由敏感度分析結果說明，容積密度和溫室氣體排放呈正相關，這和粘粒含量反應不同，土壤越緊實則溫室氣體排放越多，同時三種溫室氣體的反應一致。另土壤酸鹼度地域性差異極大，在敏感度分析中，水稻田土壤酸鹼度範圍設定爲 pH 5.5- 8.0 之間，基本上，淹水會使土壤 pH 值穩定在 6.5 至 7.2 之間，這是適合 CH_4 產生之條件 (Ponnamperuma 1972)，而 pH 偏高在水-土壤介面會抑制 CH_4 氧化 (King *et al.* 1990)，因土壤 p H 值高則有機物分解快速，CH_4 釋放量高，而酸性土壤則釋放量相對較低。

氣候因素是溫室氣體排放的重要影響因素，由表 2 結果顯示，氣溫升高將使排放量增加，這和高溫加速有機物分解有關 (Zhang *et al.* 2002)。另外，土溫也是決定 CH_4 及 N_2O 釋放量之重要因子，CH_4 釋放和土溫具有良好關係，尤其是通量速率和土層 5 cm 溫度有關，當土溫由 20℃增加至 25℃時釋放加倍 (Holzpfel-Pschorn *et al.* 1986)，在 35℃以下土溫和 CH_4 釋放量呈線性關係，但超過 35℃則下降 (Parashar *et al.* 1993)。DNDC 模式之氣象輸入值並未要求輸入土溫資料，主要原因在於資料取得不易及變異極大，模式內土溫是由平均最高溫、平均最低溫及日射量估算而來。在表二氣候敏感度分析中，設定水稻生育過程皆在湛水環境，即無缺水逆境發生，但由 2003 年及 2005 年降雨量多寡不同之年份可知，溫室氣體排放量或全球暖化潛勢值差異甚大，但降雨敏感度分析則與排放量無差異（N_2O 除外），其說明降雨對於溫室氣體排放的影響應屬於間接性質。

湛水水稻田每年約排放 50 Tg CH_4，約佔全球排放量之 8% (Sass *et al.* 1999)；而施肥之旱田作物排放約 2 Tg N_2O，大約佔全球排放量之 10% (Mosier *et al.* 1998)。過去幾十年的耕作，土壤大約減少 10-50%有機碳含量，由此估算將近有 40 Pg CO_2 排放到大氣中 (Houghton 2000)。因此，農地耕作或施肥改善是溫室氣體排放重要的一環，這包括精準施肥以減少 N_2O，水分管理對 CH_4 排放的控制，以及農田耕作將大氣 CO_2 固定於土壤等。水稻田在湛水環境中 CH_4 釋放多，N_2O 釋放甚少，但當水稻田排水則 N_2O 排放多，CH_4 則減少（圖 3），兩種氣體在不同水分狀態互爲消長。Cai (1997) 指出水稻生育中期通氣有助於 CH_4 減量 50%。Frolking *et al.* (2004) 以亞洲水稻作分析，同樣發現 CH_4 受土壤質地影響極大，在連續湛水之水稻田，若適當排水將減少 CH_4 30-50%，但增加 100-500% N_2O，及小幅度增加 CO_2 在土壤中之固定。土壤水分含量影響 N_2O 釋放是一項複雜反應，例如湛水使更多有機質溶解，或低氧化還原電位促進脫氮過程，而使 N_2O 產生，但 N_2 減少也可使 N_2O 通量

減少 (Davidson 1991)，不過以年計算，水稻田在湛水時僅有 0.04 kg N_2O ha^{-1}，非湛水為 1.7 kg N_2O ha^{-1} (Chen *et al.* 1995)，和 CH_4 排放量（約 200-400 kg ha^{-1}）比較則不值得重視。

京都議定書於 2005 年 2 月 16 日正式生效，我國行政院於同年 4 月成立『氣候變遷及京都議定書因應小組』，同時研提『溫室氣體減量推動方案』。依據該方案所規劃之第一階段是與國際經驗接軌，包括建立農業及森林部門溫室氣體清冊估算、排放基線建立、減量情境模擬，以及成本及潛力估算等工作。因此農業溫室氣體排放清冊及潛勢分析是整體衝擊評估之基礎，但因有時間及空間上之差異，包括土壤、氣候及植生條件等，利用模式作全國性的空間分析，並以圖示方式做說明，有助於各區域排放差異比較及減量策略規劃之依據。事實上，最近已有以國家尺度之相關研究報告，例如印度 (Pathak *et al.* 2005)，中國 (Li *et al.* 2005)，及東亞各國 (Cai *et al.* 2003) 等。本研究以水稻田為評估目標，建立我國大尺度之排放潛勢圖。在農耕區 CH_4 排放量大約在 300-500 kg ha^{-1} 之間，與 Yang *et al.* (2003) 所作估算值有明顯偏高現象（以 2000 年為例為 75.6 kg ha^{-1}），但與 IPCC 連續湛水之估算值（以 2000 年為例為 362.5 kg ha^{-1}）相近。Yang *et al.* (2003) 於文中述及水稻生育期間排水是影響 CH_4 偏低之原因，而由圖 3 在水稻生育期間不同排水日數對 CH_4 排放量確實有明顯影響，但因我國各地水稻排水日數無法得到資料，因此圖 4 之潛勢圖仍以連續灌水作為模擬條件。至於實際溫室氣體排放可經由本研究所驗證之模式估算，由各地實際耕作面積、作物種類、耕作週期及實際操作條件作估算，但每一項工作皆需有實測值作驗證，以前的實測值仍有不足之處，同時觀測值應由大面積農田作週年觀測，以全球暖化潛勢值 (GWP) 作為指標，精準評估農業溫室氣體排放量及氣體相互轉換的循環，才能建立我國實際排放量之資料，並作為減量策略規劃依據，及對農業產業永續經營之衝擊評估。

誌　謝

本研究承國科會永續會計畫 (NSC93-EPA-Z-002-008) 經費支持，特申謝忱。

引用文獻 (Literature cited)

Aggarwal, P. K., N. Kalra, S. Charder, and H. Pathak. 2004. InfoCrop:A Generic Simulation Model for Annual Crops in Tropical Environment. Indian Agricultural Research Institute. New Delhi. 132 pp.

Anastasi, C., M. Dowding, and V. J. Simpson. 1992. Future CH_4 emission from rice production. J. Geophys. Res. 97: 7521-7575.

Cai, Z. C., G. X. Xing, X. Y. Yan, X. Xu, H. Tsuruta, K. Yagi, and K. Minami. 1997. Methane and nitrous oxide emissions from rice paddy fields as affected by nitrogen fertilizers and water management. Plant Soil 196: 7-14.

Cai, Z., T. Sawamoto, C. Li, G. Kang, J. Boonjawat, A. Mosier, R. Wassmann, and H. Tsuruta. 2003. Field validation of the DNDC model for greenhouse gas emissions in East Asian cropping systems. Global Biogeochem. Cycles 18: 1-10.

Chen, G. X., G. H. Huang, B. Huang, J. Wu, Y. Xiu, X. H. Xue and Z. P. Wang. 1995. CH_4 and N_2O emission from a rice field and effect of *Azolla* and fertilization on them. China J. Appl. Ecol. 6: 378-382.

Davidson, E. A. 1991. Fluxs of nitrous oxide and nitric oxide from terrestrial ecosystem. P. 219-235. *in*: Microbial Production and Consumption of Greenhouse Gases: Methane, Nitrogen Oxides, and Halomethane. (Rogers, J. and W. Whiteman,eds.) American Society of Microbiology, Washington D. C.

Denier van der Gon, H. A. C. and H. U. Neue. 1996. Oxidation of methane in rhizosphere of rice plants. Biol. Fertil. Soils 22: 359-366.

Frolking, S., C. S. Li, R. Braswell, and J. Fuglestvedt. 2004. Short- and long-term greenhouse gas and radiation forcing impacts of changing water management in Asian rice paddies. Global Change Biology 10: 1180-1196.

Holzapfel-Pschorn, A., R. Conrad, and W. Seiler. 1986. Effects of vegetation on the emission of methane from submerged paddy soil. Plant Soil 92: 223-291.

Houghton, R. A. 2000. Emissions of carbon from land-use change. P. 63-76. *in*: The Carbon Cycle. (Wigley, T. M. L. and D. S. Schimel, eds.) Cambridge University Press, Cambridge, UK.

International Panel on Climate Change (IPCC). 1995. Climate Change 1995. The Supple Mentary Report to IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Press. 879 pp.

Juang, K. W., Y. M. Liu, and D.Y. Lee. 2005. Estimating the spatial distribution of soil penetration resistance in a field as a function of water content and bulk density. Soil Environ. (in press)

Kern, J. S., Z. Gong, G. Zhang, H. Zhuo, and G. Luo. 1997. Spatial analysis of methane emissions from paddy soils in China and the potential for emissions reduction. Nutr. Cycl. Agroecosyst. 49: 181-195.

King, G. M., P. Roslev, and H. Skovgaad. 1990. Distribution and rate of methane oxidation in sediments of the Florida Everlades. Appl. Environ. Microbiol. 56: 2902-2911.

Laville, P., C. Henault, P. Renault, P. Cellier, A. Oriol, X. Devis, D. Flura, and J. C. Germon. 1997. Field comparison of nitrous oxide emission measurements using micrometeorological and chamber methods. Agronomie 17: 375-388.

Li, C., S. Frolking, and R. Harriss. 1994. Modeling carbon biogeochemistry in agricultural soils. Global Biogeochem. Cycles 8: 237-254.

Li, C. S. 2000. Modeling trace gas emissions from agricultural ecosystems. Nutr. Cycl. Agroecosyst. 58: 259-276.

Li, C. S., S. Frolking, X. M. Xiao, B. Boore III, S. Boles, J. Qiu, Y. Huang, W. Salas, and R. Sass. 2005. Modeling impacts of farming management of rice alternatives on CO_2, CH_4 and N_2O emissions:A case study for water management of rice agriculture of China. Global Biogeochem. Cycles 19: GB3010, doi:10.1029/2004GB002341.

Li, C. S., A. Mosier, R. Wassmann, Z. Cai, X. Zheng, Y. Huang, H. Tsuruta, J. Boonjawat, and R. Lantin. 2004. Modeling greenhouse gas emission from rice-based production systems: Sensitivity and upscaling. Global Biogeochem. Cycles 18: GB1043, doi:10.1029/2003GB00 2045

Li, C. S., J. Qiu, S. Frolking, X. Xiao, W. Salas, B. Moore III, S. Boles, Y. Huang, and R. Sass. 2002. Reduced methane emissions from large-scale changes in water management of China's rice paddies during 1980-2000.-J. Geophys. Res. Lett. 29(20),1972, doi:10.1029/2002 GL015370.

Matthews, R. B., R. Wassmann, and R. J. Arah. 2000. Using a crop ⁄soil simulation model and GIS techniques to assess methane emissions from rice fields in Asia. I. Model development. Nutr. Cycl. Agroecosyst. 58: 141-159.

Mosier, A., C. Kroeze, and C. Nevison. 1998. Closing the global N_2O budget: nitrous oxide emissions through the agricultural nitrogen cycle. Nutr. Cycl. Agroecosyst. 52: 225-248.

Parashar, D. C., J. Rai, P. K. Gupta, and N. Singh. 1993. Effect of soil temperature on methane emission from paddy field. Chemosphere 26: 247-250.

Parton, W. J. 1996. The CENTURY model. p283-293. *in* : Evaluation of Soil Organic Matter Models Using Existing Long-term Datasets. (Powlson, D.S., P. Smith and J. U. Smith, eds) NATO ASI series I.

Pathak, H., C. S. Li, and R. Wassmann. 2005. Greenhouse gas emission from Indian rice field：calibration and upscaling using the DNDC model. Biogeoscience 2: 113-123.

Ponnamperuma, F. N. 1972. The chemistry of submerged soils. Adv. Agron. 24: 29-96.

Sass, R. L., F. M. Fisher, and A. Ding. 1999. Exchange of methane from rice fields: national, regional, and global budgets. J. Geophys. Res. 104: 26943-26951.

Sass, R. L., F. M. Fisher, S. T. Lewis, F. T. Turner, and M. F. Jund. 1994. Methane emission from rice field : effect of soil properties. Global Biogeochem. Cycles 8: 135-140

Smith, W. N., R. L. Desjardins, B. Grant, C. S. Li, R. Lemke, P. Rochette, M. D. Corre, and D. Pennock. 2002. Testing the DNDC model using N_2O emissions at two experimental sites in Canada. J. Soil Sci. 82: 365-374.

Wang, Z. P., R. D. Delaune, P. H. Masscheleyn, and W. H. Jr. Patrick. 1993. Soil redox and pH effects on methane production in a flooded rice soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 57: 382-385.

Watson, R. T., M. C. Zinyowera, R. H. Moss, and D. J. Dokken. 1996. Climate Change 1995, impact, adaptation and mitigation of climate change: Scientific-technical analyses, Cambridge University Press, USA. 879 pp. Inter-government Panel on Climate Change.

Yang, S. S. and H. L. Chang. 1999. Diurnal variation of methane emission from paddy fields at different growth stages of rice cultivation in Taiwan. Agric. Ecosyst. Environ. 76: 75-84.

Yang, S. S., C. M. Liu, C. M. Lai, and Y. L. Liu. 2003. Estimation of methane and nitrous oxide emission from paddy fields and uplands during 1990-2000 in Taiwan. Chemosphere 52: 1295-1305.

Yao, M. H. and S. H. Chen. 2005. Studies on absorption and emission of carbon dioxide in paddy field. J. Taiwan Agric. Res. 54: 150-161. (in Chinese with English Abstract)

Zhang, Y., C. Li, X. Zhou, and B. Moore III. 2002. A simulation model linking crop growth and soil biogeochemistry for sustainable agriculture. Ecol. Modell. 151: 75-108.

Studies on the Estimation of Greenhouse Gas Emissions from Paddy Fields in Taiwan[1]

Ming-Hwi Yao[2,4], Shou-Hung Chen[2] and Shu Chen[3]

Abstract

Yao, M. H., S. H. Chen, and S. Chen. 2006. Studies on the estimation of greenhouse gas emissions from paddy fields in Taiwan. J. Taiwan Agric. Res.55:280~293.

The De nitrification and De composition (DNDC) model was evaluated for its ability to etimate greenhouse gases emissions from agricultural land in Taiwan under various management practices and climate scenarios. Compared with actual observation data in paddy field, the results indicated that the model could estimate the CH_4 and CO_2 emissions satisfactorily. In addition, the sensitivity analysis of the soil texture, water management and climate scenarios could be used to understand the potential of greenhouse gases emissions. By incorporating necessary modifications based on the local soil properties and management practices, the DNDC model was proved to be an acceptable tool to estimate greenhouse gases emissions during the processes of agricultural production. Moreover, the DNDC model integrated with the spatial information from GIS databases could play an important role in evaluating the potential of greenhouse gas emissions from paddy fields in Taiwan.

Key words: rice (*Oryza sativa L.*), greenhouse gas, climate change, geographical information system

1. Contribution No. 2274 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted: December 5, 2006.
2. Respectively, Associate Researcher and Assistance, Agricultural Engineering Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Assistance Researcher, Plant Germplasm Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
4. Corresponding author, e-mail: mhyao@wufeng.tari.gov.tw；Fax: (04)23331673.

台灣農業研究

第五十五卷 目 次

第一期

研究報告

歐錫坤、宋家瑋、林俊義——桃‘夏蜜’(台農 2 號) 的育成 1
安寶貞、王姻婷、張福炘、蔡志濃、石信德——台灣之酪梨疫病 13
陳錦桐、彭金騰、林玫珠——台灣茶樹菇之鑑定 25
黃國祥、盧福明、蔡致榮、梁連勝、張福祥——東方式水稻聯合收穫機穀流感測研究 39
溫宏治、劉政道——檬果綠葉蟬之發生消長與氣候因子關係 53
蔡淑珍、劉慧瑛、黃祥益——芋頭麻刺感與蛋白質區分之相關性研究 63

第二期

研究報告

彭宗仁、劉滄棽、林幸助——穩定同位素在農業及生態環境上之應用 79
黃晉興、羅朝村、謝廷芳——利用盒栽離葉接種法測定甜瓜白粉病病勢進展與條件 91
何坤耀、洪士程、陳健忠、程永雄——賜諾殺濃餌劑防治柑桔園東方果實蠅
(雙翅目：果實蠅科) 之效果評估 101
盧秋通、王清玲——基徵草蛉對設施甜椒害蟲之防治效果評估 111
姚銘輝、陳守泓、陳述——氣象資源於水稻利用效率之探討 II - 水份利用效率 121
謝光照——期作對玉米籽粒果皮性狀表現之影響 135

第三期

研究報告

謝光照、盧煌勝——黑糯玉米台農 5 號之育成 149
謝光照、余志儒、蔡志濃、蔡淑珍——黑糯玉米台農 5 號之品種特性 164
謝光照——台南白玉米自交系果皮性狀之變異與相關性分析 174
利幸貞、蔡淑珍、劉慧瑛、陳一心——不同甘藷品種於釀酒特性之研究 181
林義恭、陳邦華、張永勳、吳岳文、劉新裕、賴瑞聲、高瑞隆、劉嘉仁——
膜莢黃耆的農藝性狀調查與活性成分分析 190
謝麗娟、張義璋、謝廷芳——水稻台中秈 10 號不同生育期對引起淡黃化型白葉枯
病之菌株反應 201

第四期

研究報告

胡敏夫、陳琦玲、李豔琪、謝廷芳、朱戩良、余志儒——優良農業操作之肥培管理對苧麻根產量及有效成分含量之影響 213
林鳳琪、李啓陽、王清玲、劉邦基、林俊義——抗輪點病毒 (PRSV) 基因轉殖木瓜對環境中昆蟲及滿類影響之評估 222
陸龍虎、蔡致榮、徐武煥、梁連勝、王怡玎——破布子脫粒篩選機之研製 234
溫英杰、張靜誼、蕭婉婷——梅種原評估及其親緣關係研究 250
賴明信、李長沛、曾清山、顏信沐、陳治官——更型糯稻新品種 - 台農糯 73 號的育成 263
姚銘輝、陳守泓、陳述——台灣水稻田溫室氣體排放之估算研究 280
第五十五卷總目錄 295
第五十五卷索引 299

JOURNAL OF TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH

(Formerly Journal of Agricultural Research of China)

Contents of volume 55

Number 1

Research Reports

Shyi-Kuan Ou, Chia-Wei Song and Chien-Yih Lin——Breeding of 'Xiami' peach [Prunus Persica SummerHoney ('Xiami')] 1

Pao-Jen Ann, In-Ting Wang, Fu-Hsin Chang, Jyh-Nong Tsai and Hsin-Der Shih——Phytophthora Diseases of Avocado in Taiwan 13

Jin-Tong Chen, Jin-Torng Peng and Mei-Ju Lin——Identification for Southern Poplar and Willow-Pine Mushrooms from Taiwan 25

Lien-Sheng Liang and Fu-Hsiang Chang——Grain Flow Measurement for Oriental Rice Combine Guo-Shiang Hwang, Fu-Ming Lu, Jhy-Rong Tsay, ... 39

Hung-Chich Wen and Tsung-Dao Liou——Relationship of the Occurrence of Mango Green Leafhopper, Idioscopus clypealis Leth and Climate Factors on Mango 53

Shwu-Jene Tsai, Huey-Ing Liu and Hsing-Yi Huang——Relationship between Protein Fractions of Taro (Colocasia esculenta) and Acridity 63

Number 2

Research Reports

Tsung-Ren Peng, Tsang-Sen Liu and Hsing-Juh Lin——Application of Stable Isotopes in Agriculture and Environmental Studies 79

Jin-Hsing Huang, Chaur-Tsuen Lo and Ting-Fang Hsieh——Disease Assessment of Powdery Mildew on Melon with Cultured Leaf Method 91

Kun-Yaw Ho, Shi-Cheng Hung, Chien-Chung Chen and Yung-Hsiung Cheng——Effectiveness of Spinosad Bait in the Control of the OrientalFruit Fly, Bactrocera dorsalis (Hendel), (Diptera: Tephritidae) in Citrus Orchard 101

Chiu-Tung Lu and Chin-Ling Wang——Control Effect of Mallada basalis on Insect Pests of Nethouse Sweet Peppers 111

Ming-Hwi Yao, Shou-Hung Chen and Shu Chen——Studies on the Use Efficiency of Meteorological Resources for Rice. II. Water Use Efficiency 121

Guang-Jauh Shieh——The Effects of Crop Season on the Pericarp Characteristics in Maize 135

Number 3

Research Reports

Guang-Jauh Shieh, and Hung-Shung Lu——Breeding of Purple-glutinous Maize Hybrid Tainung No.5 149

Guang-Jauh Shieh, Jyh-Ru Yu, Jyh-Nong Tsai and Shwu-Jen Tsai——The Character of Purple-glutinous Maize Hybrid Tainung No.5 164

Guang-Jauh Shieh——Correlation Analysis and Variation of Pericarp Characters of Tainan-white Maize Inbred Lines 174

Hsin-Chen Lee, Shwu-Jene Tsai, Huey-Ing Liu, and Yi-Shin Chen——Study on the Properties of Brewing Spirits from Sweet Potato Varieties 181

Yi-Kung Lin, Bang-Hua Chen, Yuan-Shiun Chang, Yue-Wun Wu, Sin-Yi Liu, Ruey-Sheng Lai, Jui-Lung Kao, and Jia-Ren Liu——Agronomic Characters and Active Ingredient Contents of Astragali Radix Planted in Taiwan 190

Lih-Jiuan Hsieh, Yih-Chang Chang and Ting-Fang Hsieh——The Reaction of Taichung Sen No. 10 Rice Variety at Different Growth Stages to Pale-yellow Isolates of Xanthomonas oryzae pv. oryzae 201

Number 4

Research Reports

Min-Fu Hu, Chiling Chen, Yahn-Chir Lee, Ting-Fang Hsieh, Chien-Liang Chu and Jih-Zu Yu——Effects of Organic and Chemical Fertilizers Suitable for Good Agricultural Practices on Root Yield and Active Ingredients of Boehmeria nivesa 213

Feng-Chyi Lin, Chi-Yang Lee, Chin-Ling Wang, Pan-Chi Liou and Chien-Yih Lin——Assessment of Environmental Risk of Transgenic Papaya Ring Spot Virus Resistant Papaya on Insects and mites 222

Lung-Hu Lu, Jyh-Rong Tsay, Wu-Huann Shyu, Lien-Sheng Liang and Yee-Ting Wang——Development of a Snapping and Screening Machine for Cordia Dichotoma 234

Ien-chie Wen, Ching-yi Chang and Wang-ting Shaw——Evaluation and Phylogeny of Prunus mume Sieb. et Zucc. Germplasm by Using RAPD Analysis 250

Ming-Hsin Lai, Charng-Pei Li, Ching-Shan Tseng, Hsin-Mu Yen and Chyr-Guan Chern——Development of a New Japonica Type Waxy Rice Variety-Tainung Waxy No.73 263

Ming-Hwi Yao, Shou-Hung Chen and Shu Chen——Studies on the Estimation of Greenhouse Gas Emissions from Paddy Fields in Taiwan 280

Contents of Volume 55 295

English Index of Volume 55 299

台灣農業研究第55卷索引

四劃

王怡玎 234
王姻婷 13
王清玲 111 , 222
木瓜輪點病毒，基因轉殖 222
木瓜，基因轉殖抗輪點病毒，蟲害，昆蟲相 222
木黴菌，苧麻優良農業操作 213
水分利用效率，水稻 121
水稻
－新品種，台農糯 73 號 263
－水分利用效率 121
－溫室氣體排放，氣候變遷，地理資訊系統 280
－白葉枯病，台中秈 10 號，淡黃化型病徵，急速萎凋型病徵 201
－聯合收穫機 39
天敵，基徵草蛉，甜椒 111

五劃

石信德 13
台南白玉米，果皮性狀之變異，相關性 174
玉米
－新品種，台農 5 號 ‘彩虹’ 149；品種特性，果皮厚度，抗病性，抗蟲性 164
－台南白，果皮性狀，變異，相關性 174
－期作與果皮厚度 135
甘藷酒釀造，品種，發酵，產酒率，白殼 181
生物防治
－木黴菌於苧麻優良農業操作 213
－基徵草蛉防治甜椒害蟲 111
白粉病，甜瓜，離葉接種 91
白殼，甘藷酒釀造 181
白葉枯病，水稻台中秈 10 號，淡黃化型病徵，急速萎凋型病徵，生育期，溫度 201
瓜類，甜瓜白粉病，離葉接種 91

六劃

安寶貞 13
朱戩良 213
同位素，農業，生態，分化作用 79
地理資訊系統，水稻，溫室氣體排放 280
多酚類，苧麻，優良農業操作 213

七劃

何坤耀 101
余志儒 164 , 213
利幸貞 181
吳岳文 190
宋家瑋 1
李長沛 263
李啓陽 222
李豔琪 213
作物害蟲
－檬果綠葉蟬 53
－柑橘，東方果實蠅誘殺，賜諾殺 101
抗病性，黑糯玉米台農 5 號 164
抗蟲性，黑糯玉米台農 5 號 164

八劃

林俊義 1 , 222

林幸助 79
林玫珠 25
林義恭 190
林鳳琪 222
育種
－水稻台農糯 73 號 263
－桃台農 2 號 ‘夏蜜’ 1
芋頭，麻刺感，不溶性草酸，蛋白質區分 63
昆蟲相，抗輪點病毒基因轉殖木瓜 222
東方果實蠅，誘殺 101
果皮厚度，玉米，期作 135
果皮性狀變異，台南白玉米，相關性 174
果樹
－桃新品種，台農 2 號 ‘夏蜜’ 1
－梅，種原關係分析，逢機增殖多型性 DNA 250
－酪梨，根腐病 13
－柑橘，東方果實蠅誘殺 101
－檬果，檬果綠葉蟬 53
－木瓜，抗輪點病毒基因轉殖 222

九劃

姚銘輝 121 , 280
洪士程 101
胡敏夫 213
保健植物
－苧麻優良農業操作 213
－黃耆活性成分 190
柑橘，東方果實蠅誘殺 101
疫病，Phytophthora cinnamomi, P. palmivora，酪梨根腐病 13
苧麻，總三萜類，多酚類，土壤添加物，木黴菌，優良農業操作 213

十劃

徐武煥 234
高瑞隆 190
害蟲防治
－柑橘東方果實蠅 101
－基徵草蛉防治甜椒害蟲 111
核醣體轉錄外區間 (ITS)，茶樹菇鑑定 25
根腐病，酪梨 13
桃台農 2 號 ‘夏蜜’，育種，需冷量 1
氣候變遷，水稻溫室氣體排放 280
氣象，水稻水分利用效率 121
病害防治，酪梨根腐病 13
破布子，脫粒篩選機 234
茶樹菇，鑑定 25

十一劃

張永勳 190
張義璋 201
張福炘 13
張福祥 39
張靜誼 250
梁連勝 39 , 234
陳 述 121, 280
陳一心 181
陳守泓 121 , 280
陳邦華 190
陳治官 263
陳健忠 101
陳琦玲 213
陳錦桐 25
陸龍虎 234
麻刺感，芋頭 63
基徵草蛉，甜椒 111
基因轉殖木瓜，抗輪點病毒，蟲害，昆蟲 222

梅，種原，親緣關係，逢機增殖多型性 DNA 250
甜瓜，白粉病，離葉接種　91
甜椒，害蟲生物防治，基徵草蛉　111
產量監測器，水稻聯合收穫機　39
脫粒篩選機，破布子　234
蛋白質，芋頭麻刺感　63
逢機增殖多型性 DNA，梅種原之親緣關係 250

十二劃

彭宗仁　79
彭金騰　25
曾清山　263
程永雄　101
黃晉興　91
黃國祥　39
黃祥益　63
單雜交種，黑糯玉米台農 5 號　149
植物病害
　－水稻台中秈 10 號白葉枯病　201
　－甜瓜白粉病離葉接種　91
　－酪梨根腐病　13
黃耆，膜莢黃耆，蒙古黃耆，農藝性狀，活性成分，黃耆藥材　190
黑糯玉米台農 5 號
　－育種，單雜交種，鮮果穗產量　149
　－品種特性，果皮厚度，抗病性，抗蟲　164
菇類，茶樹菇鑑定　25

十三劃

溫宏治　53
溫英杰　250
園藝作物
　－木瓜，抗輪點病毒基因轉殖　222
　－甜瓜，白粉病離葉接種　91
　－甜椒，害蟲生物防治，基徵草蛉　111
　－芋頭，麻刺感　63
　－柑橘，東方果實蠅誘殺　101
　－桃，新品種，台農 2 號　‘夏蜜’　1
　－梅，種原關係分析，逢機增殖多型性 DNA 250
　－酪梨，根腐病　13
　－檬果，檬果綠葉蟬　53
新品種
　－水稻，台農糯 73 號　263
　－桃，台農 2 號　‘夏蜜’ 1
　－黑糯玉米，台農 5 號‘彩虹’　149
溫室氣體排放，水稻，氣候變遷　280
溫度，台中秈 10 號，淡黃化型、急速萎凋型水稻白葉枯病　201
農產品加工
　－芋頭麻刺感　63
　－甘藷酒　181
農業氣象
　－水稻水分利用效率　121
　－水稻溫室氣體排放，氣候變遷　280
農業機械
　－水稻聯合收穫機　39
　－破布子脫粒篩選機　234
酪梨，根腐病　13

十四劃

種原，梅，親緣關係，逢機增殖多型性 DNA 250
蒙古黃耆，農藝性狀，活性成分，黃耆藥　190
需冷量，桃台農 2 號　‘夏蜜’ 1
誘殺，東方果實蠅，賜諾殺餌劑　101
餌劑，賜諾殺，柑橘東方果實蠅　101

十五劃

劉邦基 222
劉政道 53
劉新裕 190
劉滄棽 79
劉嘉仁 190
劉慧瑛 63 , 181
歐錫坤 1
蔡志濃 13, 164
蔡致榮 39 , 235
蔡淑珍 63 , 164 , 181
盧秋通 111
盧煌勝 149
盧福明 39
稻作
　－水稻新品種，台農糯 73 號 263
　－水稻水分利用效率 121
　－水稻聯合收穫機 39
　－白葉枯病，水稻台中秈 10 號 201
　－溫室氣體排放，氣候變遷，地理資訊系統 280
穀流感測器，水稻聯合收穫機 39
綠葉蟬，檬果，發生消長，氣象因子 53
膜莢黃耆，農藝性狀，活性成分，黃耆藥材 190
賜諾殺餌劑，柑橘，東方果實蠅 101

十六劃

蕭婉婷 250
賴明信 263
賴瑞聲 190
蔬菜
　—甜瓜，白粉病離葉接種 91
　—甜椒，害蟲生物防治，基徵草蛉 111
　－芋頭，麻刺感 63
親緣關係，梅種原評估，逢機增殖多型性 DNA 250

十七劃

謝光照 135 , 149 , 164 , 174
謝廷芳 91 , 201 , 213
謝麗娟 201
優良農業操作，苧麻，總三萜類，多酚類，土壤添加物，木黴菌， 213
總三萜類，苧麻優良農業操作 213
檬果，檬果綠葉蟬，發生消長，氣象因子 53

十八劃

顏信沐 263
離葉接種，甜瓜白粉病 91
雜糧
　－玉米台農 5 號，新品種 149
　－玉米台農 5 號特性 164
　－玉米期作與果皮厚度 135
　－台南白玉米果皮特性 174
　－甘藷，釀酒發酵， 181

十九劃

羅朝村 91
穩定同位素，農業，生態 79

二十三劃

釀酒發酵，甘藷酒 181

English Index of Volume 55

Ann, P. J. 13

Acridity, taro, insoluble oxalate, protein fractions 63

Active ingredient, *Astragalus membranaceus* 190

Agrocybe chaxingu, identification by ITS DNA sequences 25

Agro-ecology, stable isotope 79

Agro-machine

- rice combine 39
- snapping and screening machine, *Cordia dichotoma* 234

Agro-processing, taro acridity 63

Alcohol yield, sweet potato spirits 181

Astragali Radix, active ingredient, *Astragalus* spp. 190

Astragaloside, Astragalus membranaceus, A. membranaceus var. mongholicus 190

Astragalus spp.

- *A. membranaceus*, GAP, active ingredient 190
- *A. membranaceus* var. *mongholicus*, GAP, active ingredient 190

Attractant, Spinosad bait, for control of Orient fruit fly on citrus 101

Avocado, Phytophthora root and fruit rot 13

Bacterial leaf blight, disease symptoms on Taichung Sen No. 10 rice, temperature determination, growth stages 201

Bactrocera dorsalis, Orient fruit fly, citrus, control by Spinosad bait 101

Biological control, green lacewing, insects on sweet pepper 111

Boehmeria nivesa, GAP, triterpenes, phenolic compounds 213

Breeding,

- purple-waxy maize Tainung No. 5 149
- Tainung Waxy Rice No.73 263
- Peach Tainung No. 2 1

Brew, sweet potato spirits 181

Chang, C. Y. 250

Chang, F. H. 13 , 39

Chang, Y. C. 201

Chang, Y. S. 190

Chen, B. H. 190

Chen, C. L. 213

Chen, C.C. 101

Chen, J. T. 25

Chen, S. 121, 280

Chen, S. H. 121, 280

Chen, Y. S. 181

Cheng, Y. H. 101

Chern, C. G.. 263

Chu, C. L. 213

Capsicum annuum, sweet pepper, green lacewing, biological control 111

Carica papaya, PRSV transgenic plant, environmental safety assessment, insect, mite 222

Chilling requirement, very low, Tainung No. 2 peach 1

Citrus, control of Orient fruit fly by Spinosad bait 101
Climate change, rice, greenhouse gas 280
Colocasia esculenta, taro, acridity 63
Cordia dichotoma, snapping and screening machine 234
Corn,
- pericarp, crop season 135
- purple-waxy maize Tainung No. 5, new cultivar 149; pericarp thickness, pest resistance 164
- Tainan-white, pericarp, variation 174

Crop season, pericarp of maize 135
Cultured leaf method, for inoculation of melon powdery mildew pathogen 91

Disease
- rice, Taichung Sen No. 10, bacterial leaf blight 201
- avocado, Phytophthora root and fruit rot 13
- melon, powdery mildew pathogen, cultured leaf method 91

Disease control, Phytophthora root and fruit rot on avocado 13
Disease resistance, purple-waxy maize Tainung No. 5 164

Environmental safety assessment, insect, mite, PRSV transgenic papaya 222
Evapotranspiration, rice 121

Fermentation, sweet potato spirits 181
Fruit fly, *Bactrocera dorsalis,* on citrus, control by Spinosad bait 101
Fruit tree
- avocado, Phytophthora root rot 13
- citrus, Orient fruit fly control by Spinosad bait 101
- mango, mango leafhopper, insect epidemic 53
- papaya, PRSV transgenic plant, environmental safety assessment, insect, mite 222
- Peach, Tainung No. 2, new cultivar 1
- *Prunus mume*, germplasm evaluation, phylogeny, RAPD 250

Gas isotope ratio mass spectrometer 79
Genetic relationship, *Prunus mume*, germplasm evaluation, phylogeny, RAPD 250
Geographical information system, rice 280
Germplasm evaluation, *Prunus mume*, phylogeny, RAPD 250
Good agricultural practices (G AP), *Boehmeria nivesa* 213
Grain flow sensor, rice combine 39
Green lacewing, biological control of insect pests of sweet pepper 111
Greenhouse gas, rice, climate change 280

Ho, K. Y. 101
Hsieh, L. J. 201
Hsieh, T. F. 91 , 201 , 213
Hu, M. F. 213
Huang, H. Y. 63
Huang, J. H. 91
Hung, S. C. 101
Hwang, G. S. 39
Hybrid, purple-waxy maize Tainung No. 5 149

Identification, ITS DNA sequence, *Agrocybe chaxingu* 25
Idioscopus niveosparsus & I. clypealis, epidemic, on mango 53
Insect control,
- Spinosad bait, fruit fly on citrus 101
- by green lacewing, on sweet pepper 111
Insect pests,
- mango leafhopper, epidemic, climatic factors 53
- in orchard of PRSV transgenic papaya, environmental safety assessment 222
Insect resistance, purple-waxy Maize Tainung No. 5 164
Insoluble oxalate, taro acridity 63
Ipomoea batatas, brew, spirits, fermentation, alcohol yield 181
Isotope, stable 79
ITS DNA sequence, *Agrocybe chaxingu* identification 25

Kao, J. L. 190
Lai, M. H. 263
Lai, R. S. 190
Lee, C. Y. 222
Lee, H. C., 181
Lee, Y. C. 213
Li, C. P. 263
Liang, L. S. 39 , 234
Lin, C. Y. 1, 222
Lin, F. C. 222
Lin, H. J. 79
Lin, M. J. 25
Lin, T. S. 79
Lin, Y. K. 190
Liou, P. C. 222
Liou, T. D. 53
Liu, H. I. 63, 181
Liu, J. R. 190
Liu, S. Y. 190
Lo, C. T. 91
Lu, C. T. 111
Lu, F. M. 39
Lu, H. S. 149
Lu, L. H. 234

Maize,
- new cultivar, purple-waxy maize Tainung No.5 149; pericarp thickness, pest resistance 164
- pericarp, crop season 135
- Tainan-white, Tainan-white, pericarp, variation 174
Mallada basalis, green lacewing, biological control of insect pests of sweet pepper 111
Mangifera indica, mango leafhopper, insect epidemic 53
Mango leafhopper, insect epidemic 53
Medicinal herb, astragalus membranaceus, A. membranaceus var. mongholicus 190
Melon, powdery mildew, pathogen inoculation 91
Meteorological resource, rice, water use efficiency 121
Meteorology, rice, greenhouse gas, climate change 280
Mite, PRSV transgenic papaya, environmental safety assessment 222
Mushroom, *Agrocybe chaxingu* identification by ITS 25

Ou, S. K. 1

Orient fruit fly, *Bactrocera dorsalis* on citrus, control by Spinosad bait 101

Oryza sativa,

- bacterial leaf blight, pale-yellow-leaf symptom, kresek symptom, Taichung Sen No. 10 rice variety 201
- geographical information system, greenhouse gas, climate change 280
- new cultivar, Tainung Waxy Rice No.73 263
- water use efficiency 121

Peng, J. T. 25

Peng, T. R. 79

Papaya, PRSV transgenic plant, environmental safety assessment, insect, mite 222

Papaya ring spot virus (PRSV), transgenic, resistant, environmental safety assessment, insect, mite 222

Pathogen inoculation, melon powdery mildew by cultured leaf method 91

Peach, new cultivar, Tainung No. 2 1

Peka, sweet potato spirits 181

Pericarp thickness, maize,

- crop season 135
- purple-waxy maize Tainung No. 5 164
- Tainan-white maize 174

Persea americana, phytophthora root and fruit rot 13

Pest resistance, purple-waxy maize Tainung No 5.

Phenolic compounds, *Boehmeria nive a,* GAP 213

Phylogeny, *Prunus mume*, germplasm valuation, RAPD analysis 250

Phytophthora spp.

- *P. cinnamomi*, root rot, on avocado 13
- *P. palmivora*, fruit rot, on avocado 13

Plant pathology,

- inoculation of melon powdery mildew pathogen by cultured leaf method 91
- Phytophthora diseases of avocado 13

Podosphaera xanthii, melon powdery mildew, inoculation method, cultured leaf method 91

Powdery mildew of melon, *Podosphaera xanthii* 91

Protein fractions, taro acridity 63

Prunus spp.

- *P. mume*, germplasm evaluation, phylogeny, RAPD 250
- *P. Persica,* new cultivar -Tainung No. 2 Peach 1

RAPD, phylogeny, *Prunus mume*, germplasm evaluation , RAPD analysis 250

Rice

- bacterial leaf blight, pale-yellow-leaf symptom, kresek symptom, Taichung Sen No. 10 rice variety 201
- breeding, new cultivar, Tainung Waxy Rice No.73 263
- geographical information system, greenhouse gas, climate change 280
- water use efficiency 121

Rice combine, agro-machine design 39

Ripening, medium late, Tainung No. 2 peach 1

Root and fruit rot, caused by *Phytophthora* on avocado 13

Shaw, W. T. 250

Shieh, G.. J.　135 , 149 , 164 , 174

Shih, H. D.　13

Shyu, W. H.　234

Song, C. W.　1

Snapping and screening machine, *Cordia dichotoma*　234

Soil amendment (AR3-2S), *Boehmeria nive a,* GAP　213

Spinosad bait, for control of Orient fruit fly on citrus　101

Sweet pepper, green lacewing for biological control of insect pests　111

Sweet potato, brew, spirits, fermentation, alcohol yield　181

Tsai, J. N. 13,　164

Tsai, S. J. 63, 164,　181

Tsay, J. R. 39,　234

Tseng, C. S.　263

Tainan-white maize, pericarp, variation　174

Tainung No. 2 peach 1

Tainung Waxy Rice No.73, new cultivar　263

TARI new released cultivar,

- purple-waxy maize, Tainung No. 5　149
- Tainung Waxy Rice No.73
- Tainung No. 2 peach 1

Taro, acridity　63

Transgenic papaya, resistant to papaya ring spot virus, environmental safety assessment, insect, mite　222

Trichoderma sp., Boehmeria nive a, GAP　213

Triterpenes, *Boehmeria nive a,* GAP　213

Variation, pericarp of Tainan-white maize　174

Vegetable

- melon, powdery mildew　91
- sweet pepper, Green lacewing for insect control　111
- taro, acridity　63

Wang, C. L.　111 , 222

Wang, I. T.　13

Wang, Y. T.　234

Wen, H. C.　53

Wen, I. C.　250

Wu,Y. W.　190

Yao, M. H. 121,　280

Water use efficiency, rice　121

Xanthomonas oryzae pv. *oryzae*, pale-yellow symptoms, Kresek symptoms, Taichung Sen No. 10 rice　201

Yen, H. M.　263

Yu, J. R. 164,　213

Yield monitor, rice combine　39

Zea mays,

- new cultivar, purple-waxy maize, Tainung No. 5 149; pericarp thickness, pest resistance 164
- pericarp, crop season　135
- Tainan-white, pericarp, variation　174

台 灣 農 業 研 究 稿 約

一、本刊爲行政院農業委員會農業試驗所發行之學術性季刊，刊登農業試驗研究相關之研究稿件：

論　　說：由本所邀請專家撰寫。

研究報告：關於農業科學未曾發表之研究報告，按題目、作者、摘要、前言、材料與方法、結果、討論、結論〈可略去〉、誌謝（可略去）、引用文獻等依序撰寫，圖與表附於其後，全文以不超過 10 印刷頁爲原則。

研究簡報：關於農業科學未曾發表之簡短原始研究報告，不需分章節撰寫，但需附中英文摘要，全文以不超過 4 印刷頁爲原則。

二、稿件應以中文或英文撰寫。來稿請送原稿及電子檔案各一份〈內各附照片原圖，繪製圖版可附原圖與影印圖片二份〉。文稿以 A4 大小之白色紙張（長 29.6 公分，寬 21 公分）兩倍行高 (double space) 打字，12 號字體，左邊對齊，版面應上下預留 3 公分，左右 2 公分之空間，並自第二頁起在右下角以阿拉伯數字註明頁數。撰寫時，中文以細明體、英文以 Times New Roman 字體打字；英文字距一格，句距二格。審查接受之稿件，隨文請附紙本文稿一份與電子檔案，以利電腦排版等作業。

三、稿件格式：

題　　目：宜簡短，能充分反應文旨，並附簡題 (Running title) 。英文題目除介系詞、連接詞等字外，每字第一字母應大寫。題目附小註，說明研究報告編號。

作　　者：作者姓名置中，中文名字間空一格；英文姓名則名在前姓氏在後，作者二人或二人以上時，以“，”相隔，最後一人前加“and”字樣，其表示方法如 Chen-Seng Huang, Chen-Chang Chen and Chyr-Guan Chen。每一作者需附小註，以說明所屬機關單位，通訊作者須附電子郵件信箱與傳真機號碼。題目與作者同置第一頁。

摘　　要：不分段落、宜簡潔明確。摘要之前應加作者、年代、題目、期刊、卷期及頁數，摘要之後應附關鍵詞 (Key words)，關鍵詞不超過五個，每個英文關鍵詞第一字母應大寫。摘要以不超過五百字爲原則。以中〈英〉文發表者須附英〈中〉文摘要，置於本文之後，且內容須與中〈英〉文摘要相符，並附稿件編號、作者、通訊作者之小註。

本　　文：依序爲前言 (INTRODUCTION)、材料與方法 (MATERIALS AND METHODS)、結果 (RESULTS)、討論(DISCUSSION)、結論(CONCLUSION)、誌謝(ACKNOWLEDGEMENTS)、引用文獻 (LITERATURE CITED)。除學名、專有名詞、化學式、數學公式、數字、度量衡單位及縮寫外，文句中不得中外文並用，須使用英（外）文以助明瞭時，須將英（外）文括號置於中文之後。材料與方法、結果兩部份如有必要須分章節，每一章節內並可再分小章節，以助明瞭文稿內容。章節題目 (heading) 單行置於該章節之前，小章節題目 (subheading) 直接置於小章節之首。

表　格：

1、每一表格應分別繕製，須以 word 中“表格”工具製作，上方須有標題，並按文中出現順序加上表 1 (Table 1.)，表 2 (Table 2.) 等冠號。

2、中文稿之表格標題應中英文並列，冠號與表幅齊頭，表內項目及內容以英文書寫。英文標題及各欄英文細目，除第一字之第一字母大寫外，餘均小寫。

3、表格應加分析、簡化與歸納後始可列表。每一表格應在文中標示清楚，以便對照。

4、表中內容如需說明，均須附加小註，以 z, y, x,…等縮小小寫字母置於右上角，並於表下依次敘述。表格僅列橫線。

5、性質類同之圖與表，務請精簡與合併。

圖　片：

1、圖版以黑色墨水分別繪圖紙或描繪紙（白色透明紙）上。如以電腦繪圖，請以鐳射印表機或同規格之印表機列印，力求清晰。

2、圖中加註者，應於圖中說明，或以括號註明於標題之後。

3、照片以光面紙為原則，清晰度以縮小 50%可判讀為宜。多幅照片儘量製成併版；如有特別指明，應加圈或箭頭表明。顯微照相，應加比例尺大小；照片大小以不超過版面 (25 cm × 18 cm) 為宜。

4、圖版及照片下方應有標題（或另頁繕寫），並按文中出現的順序加上圖 1 (Fig.1)、圖 2 (Fig.2) 等冠號，

5、在文中須標示清楚，以便對照。中文稿應中英文併寫，力求明確。

6、除併圖外，每一圖片應單頁製作。

7、照片、圖片背面應註上冠號及作者姓名，以免排印錯誤。

誌　　謝：不分段落，包括人物、經費來源等。誌謝可略去。

引用文獻：

1、引用文獻 (Literature cited) 一列舉確實曾引用之文獻。文獻以登載於學術性期刊、書籍、研討會之 文章及學位論文為限。文中涉及引用文獻時，根據該文獻的作者與年代加以括號：如 (Sung 1991)、(Lo 1991，1992)、(Chen & Ho 1983)、(Sung 1991; Hsu *et al*. 1992) ，置於引用文處。

2、文獻須以英文撰寫，以姓名字母為序。作者相同時以年代先後為序。

3、文獻之書寫方法以期刊為例，依序為作者、年代、題目、期刊、卷期、頁數。

4、期刊名須用縮寫，縮寫方式參照美國出版之 “Serial Sources for the BIOSIS Previews Database” 規定。

5、文獻書寫範例如下：

(1) 原中文報告引用文獻出自學術性期刊

Hsu, S. H., T. Y. Chung, T. C. Kuo, and S. F. Wang. 1992. Studies on the micro-climate of greenhouse. I. Light environment of greenhouse. J. Agric. China 157:34-43. (in Chinese with English abstract).

(2) 原中文報告引用文獻出自著作性書籍

Sung, J. M. 1991. Nitrogen Metabolism of Rice. Chinese Agronomy Press, Taipei. 100 pp. (in Chinese).

(3) 原中文報告引用文獻出自編輯性書籍

Yang, C. M. and C. Y. Lin. 2003. Studies on rice precision farming system. p.1-12. *in*: Rice Precision Farming System. (Yang, C. M. and C. Y. Lin, eds.) Agric. Res. Inst. Pub. Taichung. (in Chinese with English abstract).

(4) 原中文報告引用文獻出自研討會專刊

Chang C. A. 2001. Application and extension of virus-free seedling for the control of virus diseases of passionfruit in Taiwan. p.31-38. *in* the Proceeding of Symposium on Application of Healthy Plant for Control of Plant Diseases. Taiwan Phytopathol. Soc. Pub. Taichung. (in Chinese with English abstract).

四、單位、縮寫格式、括號及統計分析

1. 所有度量衡均採公制，數量如用中〈英〉文數字，單位以中〈英〉文全名表示；數量如用阿拉伯數字，單位以 SI units 為準，如一公尺 (one meter, 1 m) 、二公克(two grams, 2 g) 、三公升 (three liters, 3 L) 、四毫升 (four milliliters, 4 mL) 。各常用之縮寫單位參照說明如下：

(1)長度：公里 (km)、公尺 (m)、公分〈=厘米〉(cm)、公釐〈=毫米〉(mm)、微米 (μm)。

(2)重量 (W)：公斤 (kg)、公克 (g)、μg。

(3)容積 (V)：公升 (L)、公撮〈=毫升〉(mL)、μl。

2. 溫度：攝氏 (℃)、絕對溫度 (K，但須加以說明) 。
3. 時間：年 (yr)、月 (mo)、週 (wk)、日〈天〉(day, days)、時 (hr)、分 (min)、秒 (sec)。
4. 濃度：莫耳 (M)、千分之一莫耳 (mM)、當量 (N)、千分之一當量 (mN) 。
5. 重力加速度：*g*。
6. 其他之縮寫：平均 (*av*)、大約 (*ca*)、直徑 (diam.)。
7. 括號：括號內文爲西文者，使用半形括號 ( )，括號前後各空一格；括號內文爲中文或日文者，使用全形括號（ ），前後不空格。
8. 統計分析：達顯著性水準以*、**或處理間顯著差異區分，以 a、b、c、…表示者均應加註顯著機率值 *P*〈例如 $P<0.01$〉；各統計量請採慣用符號，例如相關係數 (*r*) 、決定係數 (R)、變異係數 (cv)、標準機差 (se) 等。

五、生物學名以斜體字表示，屬名第一字母大寫。學名於摘要、本文、每一圖表中第一次出現時，須寫全名，如 *Citrus sinensis*；第二次出現時，屬名保留第一字母後加句點 “.”，種名全寫，如 *C. sinensis*。生物學名於本文中首次出現時應加註命名者。

六、稿件內容務須依照上列規定格式書寫，本期刊編輯委員保有修改與退稿之權利。文稿經本期刊接受後，作者得送含文稿內容之磁片或電子檔案 (IBM 相容電腦之文書管理檔，如 Word 檔或其他) ，並由作者負責前二校。除筆誤與錯字外，作者在校稿時，不得擅自更改內容與數據。

七、投稿本期刊之稿件，不得投稿其他刊物。稿件經本期刊接受後，刊登權屬農試所所有，非經本所書面同意，不得轉載或移轉他處發表。

八、來稿經編審委員會審查合格後刊登，由本刊印贈抽印本 50 本；彩色頁印刷及抽印本加印費用由投稿人自行負擔。

九、其他未盡事宜本期刊得隨時修正或補充。

台 灣 農 業 研 究

（原中華農業研究）

第五十五卷　第四期

中華民國九十五年十二月出版

發 行 人：林 俊 義

總 編 輯：安 寶 貞

主　　編：吳 宜 晏　蕭 淑 芬　黃 淑 華　楊 舜 臣

編審委員：

農藝組：吳 明 哲（主審）

呂 秀 英　陳 一 心　楊 純 明　劉 新 裕

園藝組：歐 錫 坤（主審）

王 德 男　施 昭 彰　徐 信 次　劉 政 道

黃 肇 家

農化組：廖 慶 樑（主審）

郭 鴻 裕　簡 宣 裕

植病組：張 清 安（主審）

安 寶 貞　程 永 雄　蔡 武 雄　鄧 汀 欽

謝 廷 芳

應動組：王 清 玲（主審）

陳 炳 輝　陳 健 忠　鄭　　允　溫 宏 治

農機組：蔡 致 榮（主審）

黃 禮 棟　梁 連 勝

種原組：黃 勝 忠（主審）

農經組：潘 德 芳（主審）

另聘請各大學院校及研究機關相關學者專家擔任審查委員

Vol. 55, No. 4 Dec. 2006

JOURNAL
OF
TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH
(Formerly Journal of Agricultural Research of China)

PUBLISHER: Lin, Chien-Yih

EDITOR IN CHIEF: Ann, Pao-Jen

EDITORS:

Wu, Yi-Yan   Shiau, Shu-Fen   Huang, Shu-Hua   Yang, Shem-Chem

EDITORIAL BOARD:

Chang, Chin-An (Plant Pathology)
Ou, Shyi-Kuan (Horticulture)
Tsay, Jyh-Rong (Agriculture Engineering)
Liaw, Ching-Liang (Agriculture Chemistry)
Wang, Chin-Ling (Applied Zoology)
Wu, Min-Tze (Agronomy)
Huang, Sheng-Chung (Crop Genetic Resources)
Pan, Te-Fang (Agriculture Economics)

EDITORIAL ADVISORY BOARD:

Chen, Bing-Huei   Chen, Chien-Chung   Chen, Yi-Shin
Cheng, Edward Yun   Cheng, Yung-Hsiung   Chien, Shiuah-Yuh
Deng, Ting-Chin   Guo, Horng-Yuh   Hsieh, Ting-Feng
Hsu, Hsin-Tszu   Huang, Chao-Chia   Huarng, Li-Duhng
Liang, Lien-Sheng   Liou, Tsung-Dao   Liu, Sin-Yie
Lu, Hsiu-Ying   Shih, Jau-Chang   Tsai, Wu-Hsiung
Wang, Der-Nan   Wen, Hung-Chich   Yang, Chwen-Ming

Reviewers of the related fields are also invited from universities and other research organizations

誌　謝

本學術期刊刊載農業研究成果報告，無論篇幅與內容上，均有明顯之成長與進步，深受國內外農業界支持。謹此，對今年參與本刊稿件評審工作的諸位評審委員（如下列；依姓名筆劃順序），表示誠摯之謝意與感激！

王強生	王清玲	申　雍
吳明哲	李永安	林宗賢
林長平	林順福	邱義源
柯文雄	徐森雄	徐源泰
張念台	盛中德	郭美華
陳世銘	陳健忠	陳尊賢
陳福旗	曾夢蛟	曾慶瀛
黃振文	黃勝忠	黃懿秦
楊耀祥	葉茂生	趙榮台
齊　心	歐錫坤	蔡致榮
鄭清煥	盧煌勝	盧福明
盧虎生	賴博永	謝兆樞
謝明村	謝禮丞	顏國欽
譚鎮中		

台灣農業研究編審委員會謹上

台灣農業研究第五十五卷第四期

出 版 者：行政院農業委員會農業試驗所

發 行 人：林俊義

總 編 輯：安寶貞

地　　址：台中縣霧峰鄉萬豐村中正路一八九號

網　　址：htpp://www.tari.gov.tw

電　　話：(04)2330-2301～5

印 製 者：采京藝術印刷有限公司

地　　址：台中市西屯區河南路二段二六二號十三樓之九

電　　話：(04)2452-7929

出版日期：九十五年十二月三十一日

Dec. 2006

Journal of Taiwan Agricultural Research

(Formerly Journal of Agricultural Research of China)

Vol. 55, No.4

Research Reports

Effects of Organic and Chemical Fertilizers Suitable for Good Agricultural Practices on Root Yield and Active Ingredients of *Boehmeria nivesa*
Min-Fu Hu, Chiling Chen, Yahn-Chir Lee, Ting-Fang Hsieh, Chien-Liang Chu and Jih-Zu Yu 213

Assessment of Environmental Risk of Transgenic Papaya Ring Spot Virus Resistant Papaya on Insects and mites
Feng-Chyi Lin, Chi-Yang Lee, Chin-Ling Wang, Pan-Chi Liou and Chien-Yih Lin 222

Development of a Snapping and Screening Machine for *Cordia Dichotoma*
Lung-Hu Lu, Jyh-Rong Tsay, Wu-Huann Shyu, Lien-Sheng Liang and Yee-Ting Wang 234

Evaluation and Phylogeny of *Prunus mume* Sieb. et Zucc. Germplasm by Using RAPD Analysis
Ien-chie Wen, Ching-yi Chang and Wang-ting Shaw 250

Development of a New Japonica Type Waxy Rice Variety- Tainung Waxy No.73
Ming-Hsin Lai, Charng-Pei Li, Ching-Shan Tseng, Hsin-Mu Yen and Chyr-Guan Chern 263

Studies on the Estimation of Greenhouse Gas Emissions from Paddy Fields in Taiwan
Ming-Hwi Yao, Shou-Hung Chen and Shu Chen 280

Contents for Volume 55 295

Index of Volume 55 299

Published by **The Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture** Taichung, Taiwan, Republic of China

行政院新聞局出版事業登記證局版臺省誌字第二九八號 中華郵政中臺字第〇三〇九登記為雜誌交寄

ISSN 0022-4847

9 770022 484003

GPN 2009500560

定價：新台幣一七五元